



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

ANNALES DES MINES,

OU
RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT ;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

*Sous l'autorisation du Conseiller d'Etat, Directeur général des
Ponts et Chaussées et des Mines.*

TROISIÈME SÉRIE.



TOME V.



A PARIS,

CHEZ CARILIAN-GOËURY, ÉDITEUR-LIBRAIRE,
QUAI DES AUGUSTINS, n^o. 41.

1834.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le directeur général. Cette commission est composée ainsi qu'il suit :

MM.

Héron de Villefosse, insp. gén. des mines, membre de l'Académie des sciences, président.

Cordier, insp. gén. des mines, memb. de l'Acad. des sciences.

Beaunier, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mineurs de Saint-Étienne.

Brochant de Villiers, insp. gén. des mines, membre de l'Acad. des sciences, professeur de minéralogie et de géologie.

De Bonnard, inspecteur général des mines.

Lefroy, ingénieur en chef des mines, inspecteur des études de l'École des mines.

Berthier, ingén. en chef des mines, membre de l'Acad. des sciences, prof. de chimie.

MM.

Guenyveau, ingénieur en chef des mines, professeur de métallurgie.

Migneron, ingénieur en chef des mines, secrétaire du conseil général des mines.

Élie de Beaumont, ingénieur des mines, professeur adjoint pour la géologie.

Combes, ingén. des mines, prof. d'exploitation des mines.

De Cheppe, chef de la division des mines.

Dufrénoy, ingénieur des mines, professeur adjoint pour la minéralogie, secrétaire de la commission.

Le Play, ingénieur des mines, secrétaire-adjoint de la commission.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documens relatifs à la publication des *Annales des Mines* doivent être adressés, sous le couvert de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à M. le secrétaire de la commission des *Annales des Mines*, à l'École royale des mines, rue d'Enfer, n^o. 34. — Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivans.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 72 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départemens, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N. 4, PLACE DE L'ODÉON.

FAITS

Pour servir à l'histoire des Montagnes de l'Oisans (1).

Recueillis

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, ingénieur en chef des mines.

Le nom d'*Oisans* s'applique spécialement à l'ensemble des versans de montagnes dont les eaux affluent dans la Romanche, au-dessus de Vizille; mais un travail géologique sur cette contrée doit nécessairement s'étendre aussi aux versans opposés des mêmes montagnes. Dans cette acception géologique générale, le mot *Oisans* s'applique à plusieurs massifs de montagnes assez distincts, tant par leur disposition physique que par leur composition minéralogique.

Le premier de ces massifs est l'extrémité sud-ouest de la rangée des cimes primitives, qui, de la pointe d'Ornex et du Mont-Blanc, s'étend jusqu'à la montagne de Taillefer, à l'ouest du bourg

(1) Ce mémoire n'est pas une simple réimpression de celui que j'ai lu, sous le même titre, à la *Société philomatique*, le 7 mars 1829, et qui a été imprimé quelques semaines plus tard dans le tome V^e. des mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris.

Ayant visité de nouveau, différens points des montagnes de l'Oisans, en 1830, avec MM. Brochant de Villiers et Dufrénoy, j'y ai recueilli quelques faits nouveaux que j'ai introduits dans cette nouvelle édition. Ces faits viennent tous à l'appui de ce que j'avais fait connaître dans la première; mais je regarde surtout comme une addition importante de pouvoir annoncer que les yeux exercés des deux observateurs que je viens de citer, ont constaté l'exactitude de plusieurs des observations les plus

d'Oisans, et même jusqu'aux cimes plus basses qui dominent le Valbonnais et Entraigues.

Le second massif est une sorte de rameau du premier, auquel il paraît se rattacher souterrainement, quoiqu'il en soit séparé à la surface par les dépôts secondaires qui forment le col de Glandon : il se dirige de ce col vers les cimes élevées, connues sous le nom de *Montagnes des Grandes Rousses*, qui sont situées à l'est du bourg d'Oisans et d'Huez, et va se terminer, en s'abaissant rapidement, sur les bords de la Romanche, en dessous de Mont-de-Lans.

Le troisième massif, qui formera seul le sujet

singulières consignées dans la première édition, et de toutes celles que j'ai ajoutées dans celle-ci.

Des circonstances de librairie se sont opposées jusqu'ici à ce que le tome V^e. des mémoires de la Société d'histoire de Paris soit livré au public, et il n'a été publié de la première édition de mon mémoire que cinquante exemplaires tirés à part, dont j'ai fait hommage à divers savans à la fin du printemps de 1829. Cette publication incomplète a cependant suffi pour constater authentiquement la date de mon travail, attendu que plusieurs des coupes que j'y avais données ont été reproduites dans l'ouvrage intitulé : *Sections and Views illustrative of geological phenomena*, publié à Londres en 1830, par M. de La Bèche, dans le *geological manual*, du même auteur, et dans les *Principles of geology* de M. Lyell, et qu'elles ont été citées dans le *Traité de géognosie*, de M. Walchner (Carlsruhe, 1832), dans le *Traité de géologie*, de M. Bakewell, (Londres, 1833), etc.

Des observations fort analogues à celles que M. de La Bèche a bien voulu extraire de mon mémoire, ont été faites par MM. Hugi et Studer, dans les Alpes bernoises, et publiées par le premier de ces géologues en 1830. (*Natur-historische alpen reise, von F. J. Hugi, Soleure, 1830*), et par le second quelque temps après.

Les rapports que ces mêmes observations présentent, avec celles faites en 1807 et 1808 sur la syénite zirconienne

de cet article, se présente détaché en avant des extrémités des deux premiers, et sépare le bassin de la Romanche du bassin de la Durance et des sources du Drac. Sa cime la plus élevée, la pointe des Arsines ou des Ecrins, qui forme le point culminant du mont *Pelvoux*, situé entre Val-Louise et Saint-Christophe s'élève, d'après MM. Durand et Leclerc, qui ont été chargés de faire, dans cette contrée, la grande triangulation qui doit servir de base à la nouvelle carte de France, à 4.105^m, au-dessus du niveau de la mer. C'est le point le plus élevé de France.

Considéré en grand, et abstraction faite des ramifications sinueuses de montagnes primitives

des environs de Christiania par M. Léopold de Buch, sont tellement évidens, qu'il m'a paru inutile de m'y arrêter; cette partie de mes observations est aussi fort analogue à celles faites avant moi, par M. de Buch et par M. Marzari Pencati, sur le gisement du granite de la vallée de Fiemme en Tyrol; et elles ont en outre des relations plus ou moins directes avec d'autres encore, que plusieurs géologues ont faites dans différentes contrées, et particulièrement avec certains faits que M. Dufrenoy a observés dans les Pyrénées, et auxquels il a consacré plusieurs mémoires.

J'avais consigné, dans une note jointe à la première édition de ce travail, des aperçus généraux auxquels j'ai commencé depuis lors à donner ailleurs de nouveaux développemens, que j'espère être dans le cas d'étendre encore dans la suite. J'ai cru, d'après cela, qu'il serait superflu de reproduire aujourd'hui cette note; mais j'ai introduit dans cette seconde édition quelques remarques qui la mettent en rapport avec le mémoire que nous avons publié récemment, M. Dufrenoy et moi, sur les groupes du Cantal et du Mont-Dore, et sur les soulèvemens auxquels ces montagnes doivent leur relief actuel. (Voyez *Annales des Mines*, T. III, p. 531.).

Paris, 30 décembre 1833.

Comparativement peu élevées, qui le rattachent aux deux groupes précédens, le massif de roches primitives que domine le mont Pelvoux est à peu près circulaire.

Considéré dans ses détails, il se compose de la réunion d'un certain nombre de masses granitiques irrégulières, sur lesquelles s'appuie une écorce fracturée de gneiss. Nous verrons plus loin que ces différentes masses granitiques, rangées suivant une portion de cercle et se touchant par leur base, présentent un ensemble d'une certaine régularité. Mais, avant de parler des rapports des roches entre elles, je vais commencer par décrire ces roches elles-mêmes.

I^{re}. PARTIE.—*Description des roches.*

La roche granitoïde qui forme les masses centrales des montagnes dont je m'occupe ici, est un granite talqueux ou protogine dans lequel le quartz en grains amorphes, translucides, grisâtres, est généralement très-abondant.

On y distingue presque constamment deux espèces de feldspath, qui diffèrent par leur couleur et par leur état cristallin. L'un d'un blanc verdâtre, passant au vert, est presque compacte ou faiblement lamelleux; l'autre blanc, rose ou d'un rouge violacé, est toujours assez bien cristallisé, et forme souvent des cristaux isolés plus ou moins gros qui donnent à la masse une disposition porphyroïde. Les variétés de feldspath roses ou rouges se trouvent principalement dans les hautes montagnes situées entre la Bérarde (1) et les vallées

(1) Pour toutes les localités citées dans ce mémoire, voyez la carte du Haut-Dauphiné, par le général Bourcet. Elle se vend à Paris, chez Piquet.

de Val-Louise et du Monestier. Un granite à feldspath rose, très-bien cristallisé, est amené par les glaciers et les torrens des différens vallons qui viennent du côté de l'est, tomber dans le vallon de Conte-Faviel, au-dessus de la Bérarde, et particulièrement par le vallon de la Tempe, qui prend naissance au pied du grand Pelvoux. Les torrens d'Entraigues et de l'Alefroide, qui se réunissent à Val-Louise, amènent un grand nombre de blocs d'une protogine porphyroïde, composée de talc verdâtre, de quartz, d'un feldspath verdâtre, à peine lamelleux, et d'un feldspath d'un rouge violacé, en gros cristaux très-lamelleux. Le torrent qui descend des glaciers du Monestier, amène des blocs d'une protogine toute pareille, dans laquelle seulement la teinte rouge des cristaux de feldspath tire davantage sur le carmin. On voit une roche analogue former une masse de peu d'étendue dans le gneiss talqueux sur le bord de la Romanche, près du pont de Sainte-Guilherme, à l'entrée de la gorge dans laquelle coule ce torrent avant d'entrer dans la vallée du bourg d'Oisans. Le drac de Champoléon roule aussi une roche pareille. Près du pied de Lautaret, j'ai trouvé un bloc d'une roche granitoïde, amenée des hautes montagnes où la Romanche prend naissance, qui diffère de celle dont je viens de parler, parce que la nuance de rouge des cristaux de feldspath se rapproche davantage d'une couleur écarlate pâle, et parce qu'elle contient en même temps des cristaux de feldspath blanc, sans cesser de contenir aussi un feldspath verdâtre à peine lamelleux. Cette protogine forme donc un passage ou plutôt un lien commun entre

la protogine à cristaux de feldspath rougeâtre dont j'ai parlé ci-dessus, et celle à cristaux de feldspath blanc dont j'ai maintenant à m'occuper.

Cette dernière variété est encore plus répandue que la précédente; elle forme presque seule les montagnes dans lesquelles est creusée la vallée du Vénéon, au-dessus du hameau de Chaufrant. Plusieurs échantillons de cette roche que j'ai recueillis, ne peuvent se distinguer des échantillons de protogine que j'ai pris dans le lit du torrent qui descend du Mont-Blanc dans l'Allée-Blanche, entre le glacier du Miage et celui de la Brenva. Le quartz est sujet à y manquer presque entièrement. Quelquefois le grain de la roche devient assez petit, elle présente alors fréquemment une disposition schisteuse, et semble passer au gneiss. Cette manière d'être est peut-être particulière aux parties extérieures des masses granitoïdes. A l'est de l'extrémité inférieure du glacier de la Condamine (au-dessus du hameau de la Bérarde), on voit une masse d'une roche feldspathique, verdâtre, quartzifère, dont les parties exposées à l'air deviennent d'un jaune de rouille foncé; je n'ai pu m'assurer si elle forme une masse irrégulière ou un filon dans le granite. J'ai plusieurs fois remarqué dans le granite du reste de la même vallée, des masses à très-petits grains, empâtées dans la variété la plus commune du granite dont elles ne paraissent différer que par la petitesse du grain, jointe à la moins grande abondance du feldspath de la variété la plus cristalline.

Ce même granite, dans lequel le feldspath le plus cristallin est blanc, constitue aussi le col de la Pisse, par lequel on peut aller, en été, de

Saint-Cristophe au Désert en Val-Jouffrey, et les cimes voisines de ce col. Le grain en est variable, et le granite à petits grains forme fréquemment des filons très-nettement terminés dans celui du grain le plus ordinaire. Des filons d'un feldspath compacte vert, contenant des pyrites, traversent aussi ce même granite. Dans ces hautes montagnes le granite ne présente pas de stratification, mais une sorte de clivage ou de division plus facile suivant des surfaces courbes parallèles aux surfaces extérieures des masses, en même temps qu'une division prismatique produite par des fentes sensiblement verticales. Lorsque le premier mode de division prédomine, le granite offre de grandes surfaces arrondies; mais quand les deux modes de divisions se combinent l'un avec l'autre, ils produisent une division en obélisques irréguliers des formes les plus âpres et les plus bizarres, présentant souvent des parties en surplomb semblables à d'énormes pierres d'attente; au-dessous desquelles le voyageur peut s'avancer sans courir aucun danger, mais non sans une sorte de respect pour la grandeur des actions mécaniques qui ont ainsi façonné ces masses imposantes et hardies.

Le gneiss est beaucoup moins abondant que le granite dans l'intérieur du groupe de montagnes dont je m'occupe. En remontant de Saint-Cristophe vers les étages, on voit en quelques points le granite passer à un gneiss, le plus souvent talqueux, mais qui en quelques points contient du mica noir plus abondamment que du talc. Les environs du village de Saint-Cristophe sont formés de gneiss en couches peu éloignées de la verticale, et dirigées à peu près au nord magnéti-

que. Toute la partie inférieure du vallon de la Mouvane qui débouche un peu au-dessus de Saint-Cristophe dans la vallée du Vénéon, est aussi composée de gneiss. Les couches de cette roche paraissent partout en appui sur des masses granitoïdes. Près de Chaufrant, le gneiss devient presque compacte et passe ainsi à une sorte de schiste argileux vert.

Les torrens et les glaciers qui, du pied du mont Pelvoux et des cimes voisines, viennent tomber dans le vallon de Conte-Faviel, au-dessus de la Bérarde, y amènent des blocs de gneiss, et de cette roche amphibolique schisteuse qui dans toute la partie occidentale des Alpes se montre si fréquemment associée au gneiss talqueux.

Le gneiss qui se montre moins fréquemment que la protogine dans l'intérieur de l'enceinte que présentent les montagnes dont je m'occupe, domine au contraire sur leur pourtour extérieur. La Combe de Malval, gorge que traverse la Romanche, entre la Grave et le Dauphin, et qui est célèbre par la grandeur et la nudité des rochers qui la bordent, et qui forment l'extrémité nord du groupe primitif, ne présente guères à la vue que du gneiss talqueux, très-feldspathique. Ce gneiss prend quelquefois une texture granitoïde sans perdre entièrement sa disposition schisteuse, et souvent il est coupé dans diverses directions par des petits filons à bords très-nets, d'une protogine à petits grains, qui empâte elle-même des fragmens anguleux de gneiss. Ces petits filons se fondent quelquefois l'un dans l'autre, lorsqu'ils se rencontrent, et d'autres fois ils se coupent et se rejettent. Le même gneiss contient souvent des couches d'une roche amphibolique schis-

teuse, éminemment sujette à être traversée par de petits filons plus feldspathiques que leurs parois, et qui souvent s'entrecroisent de manière à donner à des blocs entiers l'aspect d'une brèche. Le même gneiss, présentant les mêmes passages, constitue les pentes extérieures des montagnes primitives du côté du Lauzet, du Monestier et de Val-Louise. Le fond du vallon de Beauvoisin, qui conduit d'Entraigues et de Val-Louise au col du Haut-Martin et à Champoléon, est creusé dans un gneiss dont l'élément foliacé est vert, et paraît devoir être rapporté au talc plutôt qu'au mica. Ce gneiss passe à un schiste feldspathique vert, presque compacte, et a de grands rapports avec le gneiss, qui constitue le petit groupe primitif du Mont-Viso.

Le torrent qui descend à Entraigues, des montagnes situées entre ce village et celui de la Bélarde, roule principalement, comme je l'ai dit plus haut, du granite talqueux à feldspath verdâtre, presque compacte, à cristaux souvent très-gros de feldspath d'un rouge violacé; mais on y trouve aussi du granite dont tout le feldspath est blanc ou blanchâtre, qui passe au gneiss en présentant des plans de division à peu près parallèles et couverts d'un enduit vert et luisant. Il est accompagné d'un gneiss à feldspath très-cristallin, à surfaces de séparations luisantes et contournées, quelquefois tellement tourmentées, que la roche devient bréchiforme. On y rencontre en même temps une roche amphibolique schisteuse et une roche schisteuse verte, avec mica noir disséminé. Les torrens qui tombent de part et d'autre d'Entraigues amènent un granite mal cristallisé, à élément foliacé vert, passant au gneiss tourmenté.

Les montagnes de gneiss de l'Oisans, presque toujours nues et noires, sont déchiquetées d'une manière particulière; elles présentent souvent des pyramides groupées les unes au pied des autres, sur le flanc d'une pyramide principale.

Lorsqu'on les aperçoit du côté vers lequel plonge la stratification ou le clivage du gneiss, ces pyramides présentent chacune une série de sillons partant d'un même point, qui est le sommet.

Le schiste talqueux proprement dit, tel qu'on le voit par exemple à Allevard (Isère) et à Beaufort (Savoie), ne paraît pas se montrer dans le groupe de montagnes dont je parle ici; mais on le rencontre lorsqu'on s'en éloigne, en descendant le Val-Jouffrey; il constitue les deux flancs de cette vallée presque dans toute sa longueur. Il paraît que le schiste talqueux est une roche moins voisine de la protogine que le gneiss talqueux, dans l'ordre de la superposition, aussi bien que dans sa composition.

Les diverses variétés de protogine et le gneiss de l'Oisans présentent très-fréquemment de petits filons d'épidote, contenant très-souvent en même temps du quartz, de l'albite et de la chlorite. Ces petits filons se lient à ces gîtes de minéraux cristallisés très-variés, qui ont rendu l'Oisans célèbre parmi les personnes qui s'occupent de recueillir des minéraux, et qui ont fourni un si grand nombre d'échantillons à toutes les collections minéralogiques de l'Europe.

Au-dessous de la Grave, à l'entrée de la Combe de Malval, on exploite un filon de quartz et de galène, nommé filon de Pissenoire, qui se montre dans les rochers escarpés qui s'élèvent sur la rive droite de la Romanche. Ce filon (je ne parle que

du filon principal) est dirigé au Nord 40° Ouest, et plonge un peu au Sud-Ouest.

Il coupe nettement les feuillets du gneiss ; cependant, étant monté avec mon collègue M. Fénelon dans les travaux supérieurs, j'y ai remarqué que les feuillets de la roche changent de direction en approchant du filon, de manière à lui devenir beaucoup moins obliques qu'ils ne le sont à une plus grande distance.

Après avoir fait connaître la nature des masses minérales dont sont composées les hautes montagnes qui s'élèvent sur les confins des départemens de l'Isère et des Hautes-Alpes, entre Saint-Christophe et Val-Louise, je vais essayer de donner une idée de leur structure générale ; je parlerai ensuite de quelques accidens particuliers qui s'y sont remarquer.

II^e. PARTIE. — *Structure générale du groupe de montagnes qui entoure circulairement le hameau de la Bérarde.*

Arriver à Saint-Christophe et à la Bérarde par un chemin autre que celui qui remonte le long du torrent du Vénéon, est une entreprise assez difficile, même pendant les jours les plus favorables d'un bel été. Les cimes et les crêtes les plus élevées du groupe de montagnes dont je m'occupe dans ce mémoire, forment un cirque rocheux qui entoure presque circulairement le hameau de la Bérarde. A l'exception de l'ouverture par laquelle les eaux du Vénéon s'écoulent vers le bourg d'Oisans, ce cirque ne présente que des échancrures très-élevées, et qui sont même en petit nombre. On peut citer le col de la Pisse, qui conduit au désert du Val-Jouffrey, le col de la Muande et le

col de Saïs, qui conduisent dans le Val-Godemard, et quelques passages qui conduisent vers Val-Louise et le Monestier de Briançon, et par lesquels il y a un petit nombre d'exemples que des bergers et des chasseurs ont réussi à passer.

Il y a notamment un passage qui conduit du pied du Lautaret à la Bérarde par le vallon de Larp, d'où sort une des sources de la Romanche. On monte sur le glacier qui descend au nord-nord-est vers Larp, et, après avoir cheminé sur ce glacier pendant quelque temps, on arrive sur des rochers découverts au milieu desquels on descend vers la Bérarde.

Les seules circonstances de ce trajet montrent que le sol du passage présente un profil escarpé du côté de la Bérarde, c'est-à-dire vers l'intérieur du cirque, et assez faiblement incliné vers l'extérieur pour que les neiges puissent s'y amonceler. Cette disposition n'est pas un simple cas particulier. Elle se reproduit plus ou moins dans toutes les parties du cirque. Si on songeait à monter sur quelques points de la crête, ce ne serait en général qu'en partant de l'extérieur qu'on pourrait le tenter, parce qu'en partant de l'intérieur on se trouverait bientôt au pied d'escarpemens verticaux qu'on ne pourrait franchir.

Si, partant du pied extérieur de la masse primitive circulaire, on traverse la vallée de la Romanche qui la circonscrit au nord, ou celle de la Guisane qui la circonscrit à l'est, et qu'on s'élève sur les pentes qui lui font face, ou mieux encore sur les cimes qui terminent ces pentes, on voit que cette coupe escarpée vers l'intérieur, et plus ou moins régulièrement inclinée vers l'extérieur, est le trait caractéristique du profil de presque toutes les

parties de cette enceinte circulaire qui sépare du reste du monde le triste réduit de la Bérarde.

Du col des Berches situé au Maurienne au nord-nord-ouest de notre massif primitif et des pentes des montagnes calcaires et schisteuses qui s'élèvent vers le bec de Gramer et l'aiguille de Goléon, l'œil est ébloui par les vastes champs de neiges qui couvrent le versant nord du cirque, depuis la pointe haute du grand glacier jusqu'à l'aiguille du midi de la Grave, et dont les extrémités pendent en glaciers dans la combe de Malaval. Un petit nombre de pointes rocheuses presque noires, interrompent seules l'uniformité de cette surface inclinée vers le nord d'une manière presque uniforme.

On saisit mieux encore cette disposition de la pente méridionale des montagnes des grandes Rousses, situées à l'ouest du col des Berches, entre la Maurienne et le Dauphiné. La *Pl. I^{re}, fig. 1*, offre un croquis de l'aspect que présente de ce côté le groupe dont la Bérarde occupe le centre. Je le dois à l'amitié de l'un des fils de l'homme laborieux et modeste, qui, en ouvrant à travers les Alpes les routes sans modèle du Mont-Cenis, du mont Genève et du Lautaret, a élevé l'un des trophées les plus durables de la bataille de Marengo. M. Dausse le fils, a pris ce croquis des pentes qui s'élèvent au-dessus des granges d'Huez, au nord du village de ce nom, dans un moment où, dérochant quelques jours à ses propres travaux d'ingénieur, il recueillait les élémens d'un mémoire sur la structure des grandes Rousses.

On aperçoit sur ce dessin la plupart des cimes dont je vais parler ci-après ; mais elles y sont figurées dans une direction différente de celle suivant laquelle j'aurai principalement à les considérer.

On y a indiqué la position de la Bérarde, en figurant par une ligne ponctuée, une verticale supposée élevée au centre de ce hameau. Un peu à gauche, on aperçoit dans le lointain la pointe du massif du grand Pelvoux (pointe des Arcines ou des Ecrins), la plus élevée de tout le groupe (4.105^m, 1). Plus à gauche la montagne d'Oursine, et plus à gauche encore, sur le côté du dessin, la cime, en forme de crête de coq, de l'aiguille du midi de la Grave, dite la Meidje, qui s'élève à 3.985^m, 6. Ses pointes granitiques sont flanquées, sur la gauche, d'un talus de gneiss qui s'abaisse rapidement vers le nord.

De la cime des rochers feldspathiques qui, au nord-est du Lauzet, dominant le col du Chardonet et la mine de graphite qui l'avoisine, on voit l'aiguille du midi dans une direction presque diamétralement opposée, et elle y présente, en sens inverse, un profil à peu près semblable. Plus au sud-est, une autre pointe qui n'est guères moins élevée, la montagne d'Oursine, située entre Arcine et les Etages, se dessine comme un prisme triangulaire vertical, tronqué par un plan reposant sur la face qui regarde le nord-nord-est ou l'extérieur du groupe. Cette troncature, inclinée au nord-nord-est, est couverte de neige. Les deux faces les plus élevées du prisme, celles qui regardent l'ouest et le sud-est, présentent la roche à nu. L'arête sud-ouest de ce prisme colossal est très-droite et verticale. Plus à gauche, au sud de la montagne dont je viens de parler, on voit une autre pointe moins haute, dont le profil est représenté *Pl. I^{re}. fig. 7*, Elle est de même coupée à pic vers la Bérarde, et tronquée par un plan qui s'incline vers l'extérieur.

Des pentes qui dominant au nord-est le village

du Monestier de Briançon, on distingue les principaux traits de la forme de la montagne d'Oursine; et à sa gauche on aperçoit une autre pointe moins haute et beaucoup plus aiguë, dont la *fig. 6* représente le profil; elle s'appelle *Pointe-des-Verges*, nom qui indique l'existence d'un groupe d'aiguilles semblables que les habitans ont comparé à un groupe de perches verticales. On voit en effet de quelques autres points les aiguilles accompagnantes, mais du point où nous sommes, on ne distingue bien que la plus élevée. L'arête α la plus droite et la plus exactement verticale de cette pyramide aiguë est tournée du côté de la Bérarde, c'est-à-dire vers l'intérieur du grand cirque. A en juger par comparaison avec les aiguilles voisines du col de la Pisse, que j'ai pu observer de près, cet obélisque, à côté duquel ceux de Louqsor seraient à peine aperçus, doit être de granite, et il doit en être de même des faces verticales de la montagne d'Oursine.

En arrière, et au nord-est de cette dernière, les montagnes qui s'abaissent vers Arcine sont formées de gneiss, dont les grandes assises, presque planes, s'inclinent au nord-est, c'est-à-dire, vers l'extérieur, sous un angle d'environ 30° ; voyez *Pl. I^{re}, fig. 4*. Cette même disposition s'observe également dans la pointe de Combeiron, grande masse de gneiss séparée du massif principal par le col d'Arcine. La *fig. 3* donne le profil de cette dernière tel qu'il se présente vu des montagnes qui dominant le Monestier au nord-est.

Le gneiss en grandes assises planes de la montagne des Agniaux, dont les couches se dessinent si bien dans les escarpemens que surmonte le beau glacier du Monestier, se relève de même

avec la plus grande régularité vers le centre du massif, ainsi que le montre la *fig. 8*. Cette montagne présente une série de grandes écaillés de gneiss, qui sortent l'une de dessous l'autre, et qui toutes ensemble sortent de dessous les assises du système à nummulites, relevé dans le même sens et avec la même régularité. Il est donc probable que ces belles couches de gneiss, aussi planes que celles du Mont-Rose, ont été jadis horizontales comme les couches évidemment sédimenteuses qui s'appuient sur leur extrémité, et que leur position inclinée actuelle est l'effet d'un soulèvement postérieur au dépôt de la craie.

Des pentes qui dominent le village du Monestier le Grand-Pelvoux, quoique plus élevé que tout ce qui l'entoure, paraît moins haut que la montagne d'Oursine, parce qu'il est plus éloigné. Il présente de même à sa partie supérieure un talus incliné vers l'extérieur et couvert d'un glacier. Le massif du mont Pelvoux n'est pas complètement inaccessible. Récemment encore, les ingénieurs chargés d'exécuter dans ces contrées la grande triangulation qui doit servir de base à la nouvelle carte de France, (MM. Durand et Leclerc), ont réussi à gravir la cime à laquelle s'applique proprement le nom de Grand-Pelvoux. Ils y ont construit une pyramide en pierre, et y ont installé leurs instrumens à 3,933^m.97 au-dessus de la mer. C'est du côté de l'extérieur, en partant de Val-Louise qu'ils y sont montés. Du côté de l'intérieur ou de la Bérarde, on rencontre des escarpemens verticaux. De cette première cime, ils en ont reconnu une autre plus élevée, située à environ 3.000^m. au nord-ouest,

c'est-à-dire dans la direction de la Bérarde. Cette dernière qui s'élève, d'après leurs mesures, à 4.105^m, au-dessus de la mer, est sans doute la même que MM. Carlini et Plana avaient mesurée, sous le nom de Grand-Pelvoux, et à laquelle ils avaient trouvé 4.100^m. de hauteur. Cette cime, qui s'appelle la *Pointe-des-Arcines* ou des *Ecrins*, peut en effet être considérée comme faisant partie du massif du Grand-Pelvoux, et comme en formant le point culminant. On voit par ce résultat que ce massif, comme presque tous les segments du cirque rocheux, dont la Bérarde occupe le centre, présente en masse un profil incliné vers l'extérieur.

Lorsqu'on monte sur les pointes des roches feldspathiques et serpentineuses qui constituent les cimes du mont Genève, à l'est de Briançon, on cesse de voir le mont Pelvoux de profil : on se trouve précisément en arrière de lui. Il se projette alors comme une large pyramide isolée, et la face qu'il présente est couverte d'un glacier qui descend vers le spectateur. Il occupe à peu près le milieu du profil de tout le massif primitif qu'il domine en entier. De part et d'autre, les autres cimes qui lui forment une sorte de cortège, présentent une symétrie des plus remarquables. Presque toutes sont coupées à pic du côté qui le regarde, et présentent un talus du côté opposé. Cette disposition s'observe très-bien sur la gauche, vers la partie supérieure du vallon de Beauvoisin, où elle se manifeste à la fois dans le gneiss et dans les couches du système à nummulites (terrain cretacé). Elle s'observe de même sur la droite, et elle ne se remarque pas seulement dans les montagnes

qui se projettent le plus loin du centre du massif; on la distingue également bien dans celles qu'on aperçoit obliquement à côté du Grand-Pelvoux, par exemple dans celles qui sont situées entre le Grand-Pelvoux et le col d'Arcine, telles que la montagne d'Oursine, que nous avons déjà considérée sous un autre aspect. On voit parfaitement que cette montagne est coupée à pic au sud-ouest, et présente du côté opposé un plan incliné couvert d'un glacier. A côté, à gauche, entre cette montagne et le Grand-Pelvoux, on voit des pointes plus basses, très-aiguës (les verges), qui rappellent celles du col de la Pisse et qui sont certainement granitiques. La plus considérable de ces pointes est celle que j'ai déjà figurée (*fig. 6, Pl. I^{re}.*), vue d'un autre point. On la reconnaît très-bien. L'aiguille du midi de la Grave, qui se projette tout-à-fait à la droite du groupe primitif, offre un profil assez curieux, dont la *fig. 5, Pl. I^{re}.* est un croquis. Les crans successifs qu'elle présente paraissent dus à autant de grandes écailles de gneiss qui sortent les unes de dessous les autres. Quant à sa pointe, elle doit être granitique à en juger encore par la comparaison de ses immenses escarpemens presque plans avec ceux que j'ai observés de près au col de la Pisse, ainsi que je l'ai dit précédemment. Ce qu'il y a surtout de bien remarquable, c'est que la partie *ab* ressemble tellement à la partie *ac*, qu'elle semble avoir dû s'en détacher par un mouvement de bascule en s'inclinant vers la gauche, c'est-à-dire vers le vide intérieur du cirque. On croirait voir un immense casse-noisette ouvrant sa gueule gigantesque à 3.986 mètres au-dessus de la mer, et menaçant le ciel de ses deux mâchoires.

Lorsque des cimes du mont Genève on promène un œil attentif sur toutes ces écailles de

gneiss dont l'ancienne horizontalité est attestée par leur parallélisme général avec les couches de sédiment, qui, ainsi que je l'ai dit plus haut, s'appuyent sur elles en plusieurs points, et lorsqu'on les voit se relever uniformément vers la partie centrale du massif de roches primitives; on peut difficilement se défendre de l'idée d'un soulèvement central auquel ce même massif devrait sa forme et sa hauteur. Mais quoi qu'il en puisse être, le profil de chacune des parties de la grande enceinte circulaire, dont la Bérarde occupe le centre, rappelle complètement celui d'une section qu'on aurait faite dans la paroi du cratère du Vésuve, dans l'état où il se trouvait, par exemple, le 15 février 1829, lorsque M. de La Beche a pris la vue qui forme la *Pl. 22* de ses *Sections and Views illustrative of geological phenomena*, et comme sans doute le gneiss n'a jamais formé de coulées; on voit ici, par un exemple péremptoire et sur une échelle immense, qu'une disposition cratériforme des plus prononcées n'est pas toujours l'indice de l'ancienne existence d'un cône d'éruption.

Mais revenons à l'exposition des observations relatives à la forme générale de notre groupe de roches primitives.

L'un des points d'où j'ai le mieux saisi la disposition de ces montagnes, est la vallée de la Durance aux environs de Guilestre. Je joins à ce *Mémoire, fig. 2, Pl. I*, une esquisse de l'aspect qu'elles présentent de ce côté.

Le Grand-Pelvoux, désigné par la lettre *a* sur l'esquisse, paraît formé par une grande écaille de gneiss qui sort de dessous les couches à nummulites, dont est formé le fond de la vallée de Val-Louise, et qui, en se relevant vers le nord-est,

atteint une hauteur plus grande que toutes les montagnes voisines.

La montagne des Agniaux *b*, formée de gneiss, présente une sorte de clivage ou une disposition stratiforme si prononcée, qu'en la voyant de profil des environs de Vigneux, j'ai cru pendant quelque temps qu'elle était calcaire; les couches plongent au nord-est. Le côté opposé de cette montagne, du côté du Monestier de Briançon au pied des glaciers du Monestier, présente de même, ainsi que je l'ai dit précédemment, des escarpemens qui, quoique de gneiss, offrent des indices de stratifications aussi marqués et aussi uniformes que s'ils étaient calcaires.

La crête *g*, sur la gauche du dessin, formée d'une suite de dentelures qui se réunissent de proche en proche, paraît être composée de gneiss dont la stratification incline vers la gauche.

Le gneiss que nous venons d'observer formant comme un toit conique sur les flancs extérieurs tournés au nord, à l'est et au sud-est du massif de la Bérarde, présente plusieurs grandes échan-

peu, ou pour mieux dire sans diminuer le nombre des aiguilles ; afin de les rendre plus distinctes.

La plus grande de ces montagnes de granite présente vers la gauche un escarpement presque vertical qui semble correspondre à l'escarpement opposé qu'offre la pointe *f* située à côté et dont il est séparé par une dépression très-profonde. Les deux escarpemens sont à peu près de la même hauteur, et il semble qu'il serait possible de les mettre en contact. Ils se trouvent il est vrai inclinés en sens inverse, et à des hauteurs absolues très-inégaux ; mais lorsqu'on compare leurs formes et leurs positions relatives, on se défend difficilement de l'idée que tout l'ensemble de ces circonstances tient au mouvement de dislocation qui a donné à ces masses la position que nous leur voyons, et dans lequel les deux faces correspondantes se seraient détachées l'une de l'autre.

Les rapports que présentent ces deux masses sont analogues à ceux que j'ai indiqués ci-dessus entre les deux pointes les plus élevées de la crête de l'aiguille du midi : les nombreuses faces verticales que présentent les masses granitiques de ces montagnes, doivent probablement aussi leur origine au partage de masses dont l'œil ne retrouve pas toujours aussi facilement la seconde moitié. Si des masses pareilles ont été jadis séparées, elles ne peuvent guères l'avoir été que d'un seul coup, et il me semble que ce phénomène, indiqué en trop de points pour n'être pas réel dans un grand nombre, doit être assez embarrassant pour les personnes qui supposent que tous les changemens survenus dans le relief de notre planète ont été occasionnés par des tremblemens

de terre de la même force que ceux qui arrivent de nos jours. Ces belles et grandes lignes des fractures qui forment le *caractère* des paysages alpins, seront toujours une des pierres d'achoppement des partisans exclusifs des *Actual Causes*.

Ces montagnes de granite découpées en obélisque, et les rapports de position qu'elles présentent avec le manteau déchiré de gneiss qui les environne, se distinguent également bien des cimes du mont Genève; mais on les reconnaît même à des distances étonnantes, par exemple du col Longet qui conduit de la vallée de Saint-Veran, près du fort de Queyra, dans le haut de la vallée de Barcelonnette, et même de la cime du mont Pilas en Forez.

Du col Longet on reconnaît parfaitement le Grand-Pelvoux qui paraît blanc à cause du glacier qui le recouvre; à sa droite la montagne d'Oursine, où l'aiguille du midi de la Grave, qui paraît noire parce que les escarpemens en sont nus, et à sa gauche la montagne déchiquetée de granite, semblable à une grande église gothique qu'un tremblement de terre aurait inclinée. De ce col, qui est situé à peu près sur le prolongement d'une ligne tirée de la Bérarde à Guilestre, j'ai dessiné un petit profil de nos montagnes qui se rapporte assez bien à celui de la *fig. 2, Pl. I^{re}*; je me trouvais cependant déjà à 5 à 6 myriamètres (13 lieues) de la Bérarde.

Les montagnes de l'Oisans se distinguent aussi très-bien de quelques-unes des collines qui forment, entre Manosque et les Mées, le flanc droit de la vallée de la Durance (distance, 12 myriamètres ou 24 lieues); mais de ce côté on n'en voit guères que les cimes, et par suite les traits les plus sail-

lans de leurs formes se trouvent en partie masqués.

Ces mêmes cimes étant, ainsi que je l'ai déjà dit, les plus hautes des Alpes françaises, et même de toute la partie des Alpes comprise entre le mont Blanc et la Méditerranée, on conçoit que plus on s'en éloigne et moins on doit être gêné pour les voir par l'énorme entassement de montagnes moins élevées dont elles sont environnées de toutes parts. Aussi les aperçoit-on très-bien du mont Pilas (Loire) et du mont Mezeno (Haute-Loire), dominant tout ce qui les entoure. Du Pilas particulièrement, un œil déjà au courant de leur structure, en reconnaît les principaux détails avec une netteté surprenante. Placé dans une direction presque diamétralement opposée à celle de Guilestre et du col Longet, on retrouve, par exemple à la gauche du Grand-Pelvoux, la montagne dentelée de granite figurée en *e*, *fig. 2*, *Pt. I^{re}*. On reconnaît aussi sur la gauche la forme en crête de l'aiguille du midi de la Grave. Ce ne serait pas sans doute d'un observatoire aussi éloigné que leur structure pourrait être étudiée; mais ce genre d'examen sert du moins à vérifier que, dans les observations faites de plus près, on a su se mettre à l'abri des illusions de la perspective, qui cessent d'être possibles lorsqu'on a une reculée de 15 myriamètres ou 30 lieues.

Les observations faites à l'extérieur du groupe sont d'ailleurs susceptibles d'être vérifiées par celles qu'on peut faire, en choisissant des stations d'où l'œil plonge dans le bassin de la Bérarde.

Du col de la Pisse, qui, comme je l'ai déjà dit plus haut, est formé par une échancrure de l'enceinte circulaire, je découvrais une grande partie du pourtour intérieur de ce bassin. De ce point je

n'apercevais plus qu'un bien petit nombre de ces vastes champs de neige pendans en glaciers, qui forment le caractère et l'ornement des flancs extérieurs. Le beau glacier de La Condamine et les autres glaciers moins considérables qui descendent vers le vallon de Conte-Faviel, se trouvent à la vérité dans l'intérieur du cirque; mais ils remplissent des anfractuosités très-élevées au pied septentrional de la partie méridionale du contour, et leur existence est due probablement en grande partie à leur exposition. Dans tout le reste du bassin, je n'apercevais que des amas de neige peu étendus remplissant quelques inégalités. Des murailles, des obélisques de granite presque complètement nus, en formaient presque tout le contour, et occupaient la plus grande partie de l'horizon. Seulement au haut de plusieurs des escarpemens les plus élevés, on apercevait la tranche de quelques-uns de ces talus de neige qui s'abaissent vers l'extérieur.

Les montagnes de l'Oisans ne présentent, il faut en convenir, que des beautés géologiques: le voyageur ordinaire n'y trouvera que de belles horreurs. Il y cherchera vainement ces paysages, à la fois gracieux et grandioses, qui l'attirent à si juste titre à Grindelwald et à Chamouny. Le fond des vallées est trop élevé pour que la végétation puisse embellir de son luxe les bases de leurs flancs glacés. Quelques maigres paturages y cèdent bientôt la place à la neige ou à la roche nue; quelques trembles, quelques frênes clair-semés ombragent presque seuls le vallon de la Bérarde. La Combe de Malaval, et les vallons de Beauvoisin et d'Entraigues, sont entièrement nus. Des bois de Mélèzes mal fournis revêtent, par une rare et

mesquine exception, les pentes qui descendent vers le Casset et Val-Louise. Les neiges et les glaciers de ces montagnes sont leur seule décoration, et il faut se donner quelque peine pour atteindre des points d'où on ait une reculée suffisante pour les bien voir. Moins hautes sans doute que le mont Blanc et que la Jung-Frau, les montagnes de l'Oisans paraissent encore bien moins hautes qu'elles ne sont, à cause de l'élévation absolue des vallées, et à cause de leur encaissement, qui ne laisse voir les cimes que d'un petit nombre de points. Il faut essayer d'y monter pour bien se persuader qu'elles sont hautes, et même alors l'œil a quelque peine à se rendre au témoignage des jambes. Il ne trouve pas pour s'étendre et comparer les hauteurs aux distances les vastes développemens de perspective de quelques parties des Alpes, de la Suisse, et de la Savoie. Il ne rencontre que des contours polygonaux, des lignes brusquement brisées, qui donnent à tout l'ensemble un air fragmentaire et petit. Mais aussi quelle instruction pour l'observateur dans ces profils, en deux ou trois temps! Transporté au pied de ces murailles, de ces obélisques, dont chaque face est souvent une fente unique de quelques centaines de mètres de hauteur, quel géologue de cabinet songerait à plaider en leur présence la cause de l'influence exclusive des agens qui opèrent sous nos yeux? On voit dans le cours actuel des choses beaucoup d'effets d'une nature à peu près semblable à ceux que nous décrivons ici, mais ils sont beaucoup plus petits et ce n'est que par analogie, en raisonnant du *petit au grand*, qu'on peut s'en servir pour remonter à l'origine de ceux dont nous parlons. Des effets

d'une *grandeur égale* n'ont été constatés nulle part depuis le commencement de la période actuelle. En quel point du globe un pareil horizon est-il aujourd'hui en train de se produire (1)?

D'après ce que j'ai pu apercevoir de la position des cimes granitiques, lorsque j'ai parcouru les environs d'Entraigues, de Val-Louise, du Monestier de Briançon, de la Grave et de Saint-Christophe, il m'a paru que les principales de ces masses de granite, toutes jointes entre elles par leur base, sont disposées suivant un arc, équivalent aux quatre cinquièmes de la circonférence d'un cercle, et ayant une de ses extrémités entre Saint-Christophe et la vallon de la Muzelle, et l'autre entre Saint-Christophe et la Combe de Malaval.

Notre groupe de montagnes aurait ainsi son axe granitique recourbé, comme beaucoup de chaînes de montagnes en ligne droite ont leur axe granitique rectiligne. Mais il s'en faut de beaucoup que les roches soient ici disposées symétriquement de part et d'autre de cet axe. Le gneiss qui domine du côté extérieur de la courbe, est rare au contraire du côté de la concavité. D'après ce que j'ai pu remarquer en observant la crête des deux côtés, il m'a paru évident que le gneiss domine sur son penchant extérieur, tandis que le granite domine sur son penchant inté-

(1) Malgré l'absence de la plus humble hôtellerie, la Bérarde serait sans doute une des localités les plus dignes de la réunion d'un congrès scientifique. Le congrès camperait sous des tentes sur la moraine du glacier de La Condamine : le tonnerre des pyramides de glace s'éboulant par intervalles les unes sur les autres, saluerait sa présence, et répondrait aux toasts !

rieur, et dans tout l'espace qu'elle embrasse, espace dans lequel le gneiss peu étendu ne m'a paru présenter aucune disposition générale régulière. Il n'en est pas de même sur le penchant extérieur. Là, comme je l'ai indiqué ci-dessus avec quelque détail, on le voit presque constamment plonger vers l'extérieur pour s'enfoncer sous les masses secondaires qui entourent le groupe primitif. On donnerait une idée assez exacte de la disposition des roches sur presque tout le pourtour du système, en disant que, ~~plus~~ dans son ensemble, il présente quelque chose qui rappelle la forme d'une fleur à moitié éclos, dont les étamines sont représentées par des masses granitiques non stratifiées et des lambeaux irrégulièrement disloqués de gneiss, et dont la corolle, entr'ouverte, est figurée par les couches de gneiss qui, sur presque toute la circonférence du groupe, s'appuient sur les masses granitiques de l'intérieur, pour s'enfoncer sous les dépôts secondaires, relevées à l'entour en forme de calice. M. de Buch a déjà employé la même comparaison pour donner une idée de la forme d'un groupe de montagnes, auquel elle s'applique encore mieux, attendu qu'on voit paraître au centre, à la place du pistil, une masse de porphyre noir qui a été l'agent du soulèvement.

Le mont Pelvoux forme pour ainsi dire le pétale le plus développé de la fleur. Il atteint la plus grande hauteur, tant à cause de sa grandeur propre que par suite d'une inclinaison sensible de tout l'ensemble du système vers l'ouest-nord-ouest, c'est-à-dire dans la direction dans laquelle les eaux du torrent de Saint-Christophe s'écoulent vers le bourg d'Oisans.

Le petit hameau de la Bérarde, couvert de neige sept mois de l'année, occupe le centre de ce cirque immense, à l'entrée duquel se trouve le village de Saint-Christophe. Ses bords élevés de 3 à 4.000 mètres, présentent un circuit de 6 myriamètres ou 12 lieues, et embrassent un espace de 2 myriamètres ou 4 lieues de diamètre.

La connexion qui existe entre la disposition des couches de la ceinture extérieure de gneiss et la forme des cimes qu'elles composent, montre que ces cimes n'ont subi, depuis qu'elles existent, que de faibles dégradations.

L'intérieur du cirque de la Bérarde n'a évidemment pu subir lui-même que des dégradations du même ordre; il n'a donc pu être creusé par l'action érosive des eaux. Cette action n'a pu que modifier légèrement quelques parties de sa forme, dont les traits généraux datent évidemment de l'époque de la dislocation des couches alpines.

On donnerait sans doute une idée assez exacte de la forme du système que nous considérons, en disant qu'elle est la même que celle que présentent beaucoup de cratères de volcans ébréchés d'un côté. Toutefois j'ai déjà fait remarquer que le gneiss, n'ayant jamais formé de coulées, ce rapprochement ne pourrait conduire qu'à des idées fausses sur l'origine de cette forme remarquable.

Mais si la forme que j'ai signalée rappelle jusqu'à un certain point le cratère d'un volcan, elle rappelle mieux encore la forme de ces dépressions plus ou moins régulières, que, dans des contrées volcaniques, M. de Buch a nommées *cratères de soulèvement*, et que, dans des pays calcaires, M. Buckland a nommées *vallées d'élé-*

vation. Les énormes déchiquetures des montagnes de l'Oisans sont à peu près, à celles des monts Dore, ce que celles-ci sont aux formes arrondies des cônes d'éruption. Le relèvement convergent de nos grandes écaillés de gneiss, vers la Bérarde, a certainement une grande ressemblance avec celui des assises basaltiques de la grande Canarie ou de Palma, vers le centre de la Caldera et avec celui des assises de craie, vers les centres des vallées d'élévation du Dorsetshire et du Hampshire. La différence de nature et d'origine de la craie, du basalte et du gneiss, ne s'oppose en aucune manière à ce qu'on suppose que trois portions de la surface du globe, recouvertes respectivement de ces trois espèces de roches, aient cédé d'une manière analogue à des forces agissant du dedans au dehors.

Il est remarquable que, sur la circonférence de notre groupe de montagnes, on observe beaucoup moins de gypses et de roches altérées, qu'on n'en observe par exemple le long de l'extrémité sud-ouest de la chaîne qui s'étend de la pointe d'Ornex à Taillefer. Je n'en connais qu'une grande masse, située dans la vallée de la Guisane, au sud du Casset, au point où viennent finir les couches du système à nummulites. Les couches de ce système, relevées vers l'ouest, dans la montagne du Grand-Cucumelle, située au sud du Casset, et dans celle qui est plus à l'ouest, sont blanchies et verdies d'une manière qui peut faire présumer qu'il y a eu dans ce point quelque dégagement de gaz. On m'a aussi indiqué du gypse, dans le vallon de l'Euchatra, à l'ouest de Saint-Christophe, sur le revers occidental du Grand-Cirque.

Il résulte de cette circonstance, que ces substances gazeuses, douées d'une puissante action

chimique, qui paraissent s'être dégagées; en général, au moment du soulèvement des masses primitives, n'ont pas été en grande abondance lors du soulèvement du groupe de la Bérarde, ou que du moins elles ont dû se faire jour vers le centre du cirque, dans lequel on n'observe que des roches primitives peu altérables, plutôt que sur les bords du système qui est entouré, presque de toutes parts, de couches secondaires non altérées. Mais peut-être ces substances gazeuses, dont le dégagement paraît, dans tous les cas, avoir été l'effet plutôt que la cause des grandes commotions souterraines, n'ont-elles paru qu'en très-petite quantité lors du soulèvement définitif du massif de roches dites primitives dont nous nous occupons : il serait certainement très-hazardé de considérer la forme de ce massif comme le résultat du dégagement d'une grande masse de gaz par son point central.

Pour représenter les faits observés relativement à la disposition générale des roches, il suffirait de supposer que, sur un diamètre égal à celui de la circonférence extérieure du cirque, la masse des roches primitives s'était d'abord bombée de manière à atteindre vers son centre une hauteur plus grande que celle des plus hautes cimes actuelles; mais que la pression intérieure qui avait causé son ascension, n'ayant été que de peu de durée, la partie centrale de cette masse s'est ensuite abaissée, en laissant pour principaux témoins de son intumescence momentanée sa partie la plus extérieure qui devait se trouver plus solidement retenue que le reste dans la position qu'elle avait prise (1).

(1) C'est aussi de cette manière que je crois qu'on pourrait concevoir la formation des cirques de la lune.

Les assises de gneiss supposées primitivement horizontales, et aujourd'hui inclinées en forme de cône tronqué, qui, constituent une sorte de manteau sur la pente extérieure du groupe, auront dû nécessairement se crevasser, dans le mouvement angulaire que nous sommes conduits à leur assigner. La quantité de leur crevassement est exprimée approximativement par les formules que nous avons données, M. Dufrénoy et moi, dans notre mémoire sur les groupes du Cantal et du Mont-Dore, et sur les soulèvements auxquels ces montagnes doivent leur relief actuel. Voyons quels seraient les nombres qu'il faudrait substituer par exemple dans la formule (3), pour obtenir la valeur de la somme des fissures par écartement, que le gneiss, après le soulèvement, aurait dû présenter sur la crête de la grande enceinte circulaire (1).

La circonférence de cette crête a un rayon d'environ un myriamètre; ce sera la valeur de r ; $r = 10.000^m$.

(1) Je continue à employer la formule (3), préférablement à celle que M. Boblaye a indiquée, et dans laquelle entrerait l'épaisseur de la croûte terrestre, parce que je la crois beaucoup plus exactement en rapport avec les circonstances ordinaires des soulèvements centraux. Le mode de déplacement auquel M. Boblaye conçoit que les secteurs désunis de la surface primitive auraient été soumis, entraînerait la formation d'un bourrelet autour de la base de l'espace soulevé, et je ne connais de trace bien prononcée d'un bourrelet pareil dans aucun soulèvement circulaire. Il me semble que ce serait principalement dans les chaînes de montagnes très-allongées, au pied desquelles on peut souvent reconnaître de pareils bourrelets, que les formules aussi élégantes qu'ingénieuses de M. Boblaye pourraient trouver leur application (*Voyez l'extrait du Mémoire de M. Boblaye, dans le Bulletin de la Société géologique, t. 3, p. 317*).

Le rayon de la circonférence moyenne du groupe primitif, circonférence que les crevasses de déchirement ne paraissent pas dépasser à environ 5,000^m de plus, ou 15.000^m.; ce sera la valeur de R; $R = 15.000^m$.

Le gneiss, dans les différens profils que j'ai reproduits *fig. 2, 3, 4, 5, 8*, paraît incliné moyennement de 35°; mais il y a tant de chances pour que les inclinaisons apparentes soient plus grandes que les inclinaisons réelles, qu'en réduisant cette valeur à 30°, on sera encore probablement au-dessus de la vérité; nous ferons donc $\theta = 30^\circ$.

La formule (3) nous donnera, après la substitution,

$$\Sigma f = \pi (R - r) \text{ tang.}^2 \theta = 5.235^m.$$

Cette somme de fissures paraît au premier aspect très-considérable; mais si on la compare à la circonférence même de la crête circulaire, circonférence qui a environ 62.830^m. de développement, on voit qu'elle n'en forme qu'un douzième à peu près, et si on tient compte à la fois de l'existence des grandes crevasses qui ont donné naissance à la vallée du Vénéon et à plusieurs cols, et de celle de cette multitude de fissures verticales qui partagent en obélisques le granite des parties les plus élevées, on ne trouvera sans doute pas qu'il y ait rien d'exagéré à admettre qu'immédiatement après l'élévation de la grande crête circulaire, les fissures par écartement occupaient, à sa partie supérieure, un douzième de sa circonférence. Cette proportion n'a pu manquer de s'accroître beaucoup depuis lors par suite de nombreux éboulemens, et elle est en effet dépassée de bien loin par la somme des lacunes que présente aujourd'hui le cirque.

III^e. PARTIE. — *Rapports de gisement des roches dites primitives, et des roches de sédiment.*

Les pentes inclinées vers la circonférence, dont les parties les plus élevées supportent ces champs de neige qui ont été mentionnés précédemment, ne s'étendent pas invariablement jusqu'à la circonférence du massif. Quelquefois, semblables à des pans de toitures, elles reposent même du côté de l'extérieur sur des escarpemens presque perpendiculaires. Le bord de la masse primitive est coupé au nord, entre la Grave et le Dauphin, par un défilé nommé *Combe de Malaval*, qui paraît n'être que l'ouverture restée bâillante d'une grande faille. Cette faille aurait séparé les masses de gneiss que recouvrent les schistes argilo-calcaires du système jurassique, dont se composent les montagnes arrondies, appelées les *Prés de Paris*, des masses du même gneiss, qui, plus au sud et à plus de mille mètres plus haut, supportent les glaciers suspendus au-dessus de cette gorge si sauvage.

La même faille se prolongerait en passant au sud du col du Lautaret, et ensuite dans la vallée du Monestier, où elle séparerait les couches de grès et de calcaire du terrain jurassique, plongeant à l'est de celles du système à nummulites (terrain crétacé), qui, plus au sud et presque dans le prolongement des premières, se montrent dirigées et inclinées de la même manière. Elle se terminerait en atteignant les parties du système jurassique, qui se relèvent à l'est vers la vallée de Plats-Pinets.

Peut-être, dans l'origine, cette crevasse conservait-elle une certaine largeur jusqu'à une pro-

fondeur considérable; mais bientôt des éboulemens survenus dans les parties supérieures, ont dû en élargir l'ouverture et en combler tout le fond. Dans les parties où cette faille traversait des roches calcaires plus ou moins argileuses, tous les angles se sont émoussés et la surface est parvenue promptement à un état presque stationnaire; mais dans la partie comprise entre la Grave et le Dauphin, où la faille traverse un gneiss très-solide, les choses ont été moins vite, les escarpemens sont restés vifs, et les éboulemens durent encore.

Même dans cette partie, à laquelle seule s'applique le nom de *Combe de Malaval*, la fente primitive aura dû être promptement augmentée par la chute, de tout ce que la secousse initiale avait ébranlé de part et d'autre, et ceux des menus débris qui ne seront pas tombés jusqu'au fond de la crevasse, auront été entraînés par les eaux. Une fois arrivée aux parties à peu près intactes, la succession des éboulemens est devenue très-lente. Ça et là, les talus de débris de part et d'autre de la vallée sont jonchés de blocs gros comme des maisons qui, après avoir résisté à l'épreuve de la chute, sont inattaquables, même par les eaux bondissantes de la Romanche qui en baignent quelques-uns. La quantité limitée de ces blocs montre que, depuis que la dégradation a atteint des parties peu fendillées, le nombre des éboulemens a été peu considérable; et la disposition de ces mêmes blocs est tellement en rapport avec l'état actuel des choses dans le gorge, qu'on a peine à se figurer que, pour la plupart, ils gisent dans leur place actuelle depuis un certain nombre de siècles; ils semblent tous être tombés d'hier.

Ces éboulemens sont eux-mêmes la conséquence du fendillement primitif. L'alternative du chaud et du froid peut sans doute les faciliter, mais l'action des autres agens atmosphériques n'entre presque pour rien dans leur production. Il suffit pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les cascades que forment plusieurs torrens qui, après avoir circulé entre les cimes gazonnées arrondies, dites les Prés de Paris, arrivent tout à coup au haut des escarpemens du flanc septentrional de la gorge, et y tombent en gerbes écumantes de plus de cent mètres de hauteur. Si l'action des agens atmosphériques pouvait attaquer de pareils escarpemens, ces cascades les attaqueraient bien plus fortement encore, et c'est à peine si chacune d'elles a donné lieu, dans la partie de l'escarpement le long duquel elle bondit, à un léger enfoncement en forme de niche très-évasée.

Cette réflexion, qui s'applique également à toutes les grandes cascades des pays de montagnes, à la Pisse-Vache, au Staubach, à la cascade de Gavarnie, et que plusieurs géologues ont déjà indiquée d'une manière plus ou moins explicite montre que les grands escarpemens des Alpes et des Pyrénées, devaient exister déjà à très-peu près dans leur forme actuelle au commencement de la période dans laquelle nous vivons. Si l'action des agens atmosphériques est capable d'attaquer et par conséquent de faire reculer un escarpement, l'action d'une cascade doit produire un effet beaucoup plus grand encore; si le plus petit des deux effets est sensible, la différence des deux effets qui a pour mesure la profondeur de la niche que la cascade s'est creusée doit être sensible aussi. Or, les

grandes cascades dont je parle, tombent à peu de chose près à fleur des escarpemens; donc ceux-ci n'ont subi aucune altération sensible depuis l'existence des cascades elles-mêmes, excepté peut-être par quelques éboulemens qui ne peuvent avoir été ni très-nombreux, ni très-étendus puisqu'ils n'ont laissé nulle part une très-grande masse de débris.

La production des escarpemens alpins, comme le transport des blocs erratiques ne peut guères avoir résulté que d'un événement de dimensions colossales, comparativement aux événemens dont nous sommes journellement les témoins. L'état presque stationnaire dans lequel se trouve aujourd'hui la Combe de Malaval, ne peut guères se concevoir que comme la limite d'un état de choses qui a commencé par une secousse capable de rompre la croûte du globe dans une grande épaisseur, d'en élever une des parties de mille mètres de plus que l'autre, de fendiller les parties latérales jusqu'à une certaine distance, et d'en provoquer par là l'éboulement graduel. Peut-être dira-t-on que la première rupture une fois opérée, la différence de niveau des deux côtés de la faille a été produite par une longue succession de tremblemens de terre; mais si aujourd'hui des tremblemens de terre successifs et répétés toujours dans le même sens, venaient à rouvrir la faille de la Combe de Malaval, leur effet immédiat serait évidemment d'émousser les escarpemens qui la bordent, escarpemens dont les formes souvent si hardies rendent la supposition inadmissible.

Ces conclusions vont se trouver confirmées par des observations d'un genre bien différent

qui forment l'objet principal de cette 3^e. partie.

En effet, notre massif circulaire paraît terminé de plusieurs côtés par des failles qui séparent seules les roches primitives des couches secondaires qui se trouvent à la même hauteur. Depuis le vallon de Beauvoisin, qui conduit de Val-Louise et d'Entraigues, vers le col du Haut-Martin, et Champoléon, jusqu'au Casset, le gneiss sort immédiatement de dessous le système à nummulites, dépendant de la formation de la craie, d'une manière qui suppose souvent que, dans la profondeur, les roches primitives coupent les couches du terrain jurassique sur lequel le terrain crétacé repose dans toute la contrée, présentant ainsi, par rapport à elles, sur de très-grandes longueurs, la même disposition que la masse d'un filon, par rapport à l'une des parois de roches dans lesquelles il est encaissé; la production de ces failles est évidemment en rapport avec certains gisemens où l'on voit, avec autant d'évidence que de surprise, les roches dites primitives s'engager dans les roches de sédiment ou même les recouvrir.

Le vallon de Beauvoisin se trouve, dans une grande partie de sa longueur, sur la limite des masses primitives et des couches secondaires, les plus récentes de la contrée. Le fond du vallon, comme je l'ai dit plus haut, est creusé dans un gneiss à élément faliacé vert et talqueux, passant à une roche feldspathique verte. Sur son flanc nord-ouest, le gneiss n'est pas recouvert et forme des cimes déchiquetées d'une grande hauteur; mais sur son flanc sud-est il ne s'élève qu'à quelques centaines de mètres au-dessus des eaux du torrent, et il est alors recouvert immédiatement

par un système très-épais de couches secondaires, qui, par la constance de leur faible épaisseur, par leur régularité, et par la manière uniforme dont elles se présentent dans les escarpemens, rappellent complètement celles des cimes qui dominent Barcelonnette et Embrun, celles des Diablerets et du mont Pilate, en Suisse. Ce système de couches se présente ici avec une très-grande puissance, et forme les pointes de l'Aiglière et de Clouzis, qui portent des glaciers sur leur pente nord-ouest, qui descend vers le vallon de Beauvoisin. Ces glaciers, les avalanches et les torrens font tomber en grande quantité dans ce même vallon des fragmens des couches secondaires dont je viens de parler. On y remarque principalement un grès quartzueux verdâtre, contenant un grand nombre de petites parties feldspathiques blanches, du schiste argilo-calcaire noir et du calcaire compacte d'un gris noirâtre, présentant quelques points spathiques, et des petits filons de chaux carbonatée. Les fragmens de grès dominant beaucoup, tant par leur nombre que par leur grosseur, ce qui résulte naturellement de ce que le grès, plus solide, se conserve mieux dans le transport. Il est toutefois évident que dans les couches en question le calcaire est peu abondant, et que le grès et l'argile schisteuse noire dominant beaucoup. En cela les couches qui forment les escarpemens en question s'éloignent légèrement des couches un peu plus récentes de la même série qui forment les environs immédiats de Val-Louise. On trouve dans ces dernières une grande quantité de nummulites qui m'ont servi à les identifier complètement avec les couches du département des Basses-Alpes, qui sont pétries des mêmes fossiles, et qui me paraissent

être contemporaines de la craie des rivages de la Manche. Il est du moins incontestable qu'elles sont inférieures aux lignites de Roquevaire et de Gardanne.

Les couches de ce système à nummulites qui constituent les escarpemens du flanc sud-est du vallon de Beauvoisin, quoique très-régulièrement stratifiées, présentent en quelques points des contournemens et des dislocations qui se rattachent aux inflexions de la surface de la masse de roches primitives qui leur sert d'appui. †

Au-dessous de la pointe de Clouzis, j'ai aperçu dans un point de cette espèce une sorte d'enchevêtrement des roches primitives et des couches secondaires, et n'ayant pu parvenir à ce point lui-même, pour toucher le contact, je suis monté de l'autre côté du vallon en face et à la même hauteur, afin de pouvoir du moins l'observer commodément avec une lunette et le dessiner.

A gauche du point qui présente l'accident en question, les roches primitives s'élèvent en x (*Pl. II, fig. 1*) à une hauteur plus grande qu'à droite en y , et, en passant de l'un des niveaux à l'autre elles présentent en z une espèce de dent qui s'avance horizontalement entre les couches secondaires qui la recouvrent, et les couches secondaires qui s'insèrent dessous; ces dernières se prolongent indéfiniment vers la droite, mais elles se terminent vers la gauche suivant une ligne presque verticale; au delà de laquelle on ne voit à la même hauteur que des masses primitives (gneiss?). Cette disposition, au premier aspect si bizarre, m'a paru pouvoir s'expliquer assez simplement en admettant que les couches n de droite étaient, au moment de leur dépôt, le prolongement des couches

ni de gauche, et qu'elles ont été soulevées à une moins grande hauteur par les roches primitives dont la surface offrirait dans l'intervalle une double inflexion comme l'indique la *fig. 2*, qui représente une coupe idéale supposée faite dans un plan vertical perpendiculaire à la surface de l'escarpement de la montagne.

En descendant d'Entraigues, au village appelé Ville-de-Val-Louise, avant d'arriver au Villard, on voit le système de grès, d'argiles schisteuses noires et de calcaires compactes gris noirâtres à nummulites s'appuyer contre le gneiss. Les strates ou les plans de clivage de cette dernière roche plongent de 45° à 50° vers le sud-est. En suivant des yeux les couches calcaires et arénacées dans la hauteur, il m'a semblé qu'elles allaient se terminer contre le gneiss qui coupait leur prolongement, ce qui suppose nécessairement que toutes les couches inférieures sont dans le même cas; mais je n'ai pu monter jusqu'au point de contact pour vérifier le fait, et l'apparence que je signale ici pourrait être due à une dépression d'où descend un grand ravin.

Près des extrémités de la ligne courbe suivant laquelle, comme je l'ai dit plus haut, le gneiss et le granite coupent généralement les couches secondaires, on voit près de la Grave et de Champoléon, en deux points éloignés l'un de l'autre de 3 myriamètres et demi ou 7 lieues, le contact des roches primitives et des couches jurassiques s'effectuer avec des circonstances encore plus remarquables que celles que je viens d'indiquer.

Un peu au nord du hameau de Fréaux, situé à une demi-lieue ouest de la Grave, au haut d'un talus cultivé qui borde la vallée de la Romanche,

s'élèvent des escarpemens dont la partie inférieure un peu à l'est de la cascade que forme le torrent du Ga, est formée de gneiss, de granite à petits grains et d'une roche schisteuse verdâtre un peu amphibolique; la stratification de ces roches se dirige nord 20° est, et plonge de 70° à l'ouest - nord - ouest. Sur leur surface, repose (*Pl. II, fig. 3*) dans la partie supérieure des mêmes rochers, un grès très-dur, blanchâtre et à peine stratifié, composé de grains amorphes de quartz et de quelques cristaux de baryte sulfatée réunis par un ciment assez fortement effervescent, et composé en partie de spath calcaire. Ce grès, que la présence de la baryte rapproche déjà de l'arkose de la Bourgogne, occupe ici la même place que ce dernier, tant par rapport aux roches primitives qui le supportent, que par rapport au système secondaire qui le recouvre, système dont les assises inférieures me paraissent contemporaines du calcaire à gryphées arquées.

Immédiatement au - dessus de cette roche arénacée se trouve un calcaire gris subsaccharoïde, d'un grain très-serré, qui se fond avec le grès à son point de contact avec lui, et qui, ne présentant qu'une faible épaisseur, est bientôt remplacé lui-même par un calcaire saccharoïde d'un grain plus lâche, qui forme un banc assez puissant. Ce banc de calcaire cristallin se distingue dans l'escarpement par la teinte très-noire que le contact prolongé de l'air a fait prendre à sa surface. Il est immédiatement recouvert par un calcaire moins cristallin, moins modifié dans son état d'agrégation, et dont la surface exposée à l'air a pris une teinte moins sombre. Au-dessus se trouve une assise peu épaisse d'un calcaire com-

acte gris contenant différens débris organiques. Ce dernier banc est recouvert par une assise d'un schiste noir très-fissile sur lequel repose un calcaire compacte gris, schistoïde, à cassure transversale un peu esquilleuse, et dont les strates sont couvertes d'un enduit micacé ou talqueux d'un gris argenté, soyeux à la vue et au toucher. Ce calcaire contient un grand nombre de bélemnites et d'encrines circulaires et pentagonales, dont les espèces, quoique difficiles à déterminer rigoureusement, sont évidemment les mêmes que celles que j'ai indiquées ailleurs à Roselen au pied sud-ouest du groupe du Mont-Blanc, à Petit-Cœur en Tarentaise, et à la Frey, département de l'Isère(1). On y trouve aussi des coquilles bivalves dont je n'ai pu trouver d'échantillons déterminables, mais qui me paraissent identiques avec celles que nous avons trouvées, M. Fénéon et moi, au col de la Sauce, au pied sud-ouest du groupe du Mont-Blanc, dans des blocs calcaires qui contenaient aussi en même temps les bélemnites, les pentacrinites et les entroques circulaires dont je viens de parler. Dans toutes ces localités, ces fossiles se trouvent dans des couches calcaires qui font partie des premières assises du système secondaire de ces contrées, assises que j'ai cru pouvoir rapporter au calcaire à gryphées arquées (blue lias des Anglais).

Les couches calcaires dont je viens de parler sont surmontées par une assise assez épaisse d'un calcaire très-schisteux que recouvre un schiste noir encore plus fissile, dépourvu de fossiles, et

(1) Voyez *Annales des sciences naturelles*, t. XIV, page 113, et t. XV, page 353 (1828).

tout-à-fait semblable aux schistes noirs qui accompagnent ordinairement dans ces contrées les gites d'anthracite. Ces dernières couches forment le commencement d'une série excessivement épaisse de schiste argileux, de schiste argilo-calcaire noir, de calcaire et de grès qui constitue toutes les montagnes au nord de la Grave, du Villard-d'Areine et du col de Lautaret, et qui me paraît se rapporter en entier au terrain jurassique.

J'en ai donné une description abrégée dans une note sur un gisement de végétaux fossiles et de graphite situé au col du Chardonnet (1).

J'ai trouvé dans les éboulemens au dessus des Fréaux, une brèche calcaire à noyaux pour la plupart compactes et noirs, et à ciment cristallin d'un gris pâle. Je n'ai pu en déterminer le gisement d'une manière positive : elle ressemble complètement à certaines variétés de ces brèches calcaires des environs de Moutiers en Tarentaise, que Dolomieu et M. Brochant ont si bien décrites.

La partie inférieure des pentes qui bordent la vallée de la Romanche, au midi de la Grave et du Villard-d'Areine, est aussi formée par des couches du même système. Le talus qu'elles constituent s'étend jusqu'au pied des masses escarpées de roches primitives qui, s'élevant jusqu'à la hauteur des neiges perpétuelles et couronnées de glaciers, forment les avant-corps du massif de l'aiguille du midi de la Grave, qui atteint une hauteur de 3.986^m. au-dessus de la mer.

Ce massif est principalement formé de gneiss, du moins du côté qui regarde la Grave et le Villard-

(1) Voyez *Annales des sciences*, tome XV, page 353.

d'Areine; mais cette roche passe quelquefois à un granite à grains moyens. C'est ce qui a lieu particulièrement dans une arête qui s'avance au midi du Villard-d'Areine, et jusqu'à laquelle je suis monté, afin d'examiner le contact des roches primitives qui la composent avec les couches de schiste argilo-calcaire, et de calcaire compacte noir qui forment le talus au-dessous du point où les roches primitives cessent d'être visibles. J'ai trouvé là précisément le contraire de ce que j'avais observé dans le point décrit plus haut. Au nord des Fréaux, j'avais trouvé le lias recouvrant ce granite; au sud-sud-ouest du Villard-d'Areine, j'ai vu le granite s'appuyer sur des couches assez élevées de la série jurassique. Voyez *Pl. II, fig. 4*.

La partie inférieure des rochers composés de roches primitives qui, comme je l'ai déjà dit, font corps avec tout le massif de l'aiguille du midi de la Grave, est formée d'un granite ou protogine composé de feldspath verdâtre presque compacte; de feldspath blanc cristallisé, de quelques grains de quartz et de mica ou de tale vert. Ce granite n'est pas généralement en décomposition; mais à la base même des rochers le grain de la roche devient beaucoup moins distinct; elle semble, en quelques points, prendre la structure d'une brèche, et en même temps le feldspath et le mica sont décolorés, et la masse entière en décomposition évidente.

C'est sous ces parties qu'on voit s'enfoncer les couches secondaires, dont on peut suivre et observer de près, le contact avec le granite sur une grande longueur.

Le développement total de la ligne, suivant

laquelle on peut suivre cette jonction, irait peut-être à plus de 1.000 mètres.

Le plan du contact, à peu près parallèle à la stratification des couches secondaires, plonge de 60 à 70° à l'est-sud-est. La couche secondaire, immédiatement contiguë au granite, est un calcaire gris saccharoïde, avec petits filons spathiques; mais, à mesure qu'on s'éloigne du contact, le grain du calcaire devient plus fin, et, à très-peu de mètres du point de jonction, on rencontre déjà un calcaire compacte noir qui contient des bélemnites. Celui-ci repose sur un schiste argilo-calcaire noir qui renferme les mêmes fossiles. Cette dernière roche constitue tout le talus qui descend jusqu'à la Romanche, et y présente des bélemnites dans plusieurs de ses couches. Sa stratification devient de moins en moins inclinée à mesure qu'on s'éloigne du granite.

Le contact du granite et du calcaire sur lequel il s'appuie, n'est pas toujours absolument immédiat. On voit en quelques points du fer oxydé, hydraté, former outre les deux roches une espèce de filon.

J'avais fait les dernières observations que je viens de rapporter en 1827, avec mon collègue M. Fénelon. En 1830, je suis retourné dans la vallée de la Romanche avec MM. Brochant de Villiers et Dufrenoy, qui désiraient prendre connaissance par eux-mêmes des faits que j'avais signalés dans ces contrées. M. Charles d'Orbigny nous accompagnait. Nous couchâmes au Villard-d'Areine, et nous en partîmes le matin pour monter à la superposition du granite sur le calcaire jurassique. Un nuage remplissait le fond de la vallée, on ne pouvait distinguer les objets à dix pas de distance.

Nous traversâmes le petit pont jeté sur la Romanche, et dans l'impossibilité de faire comprendre précisément à notre guide le point où nous voulions aller, nous nous mîmes à gravir les pentes désignées sur la carte du général Bourcet, sous le nom de Puy-Vachier. Mais le sentier que nous suivions ne quittait la surface du calcaire argileux schistoïde, qui présente seul un peu de verdure, et sur lequel seul on mène paître les troupeaux que pour passer sur des éboulemens. Enfin après avoir marché pendant deux heures et nous être élevés d'environ 500^m au-dessus du village du Villard-d'Areine, nous nous trouvâmes au-dessus du brouillard qui ne tarda même pas à se dissiper complètement, et nous vîmes se déployer devant nous le beau glacier de la Grave, qui descend de l'aiguille du midi. Nous touchions presque la moraine de la branche la plus orientale de ce glacier : elle est composée en entier de fragmens du granite et du gneiss sur lequel ce glacier repose; mais nous étions encore sur le calcaire, au bord duquel le glacier s'arrête, et dont nous voyons les couches mises à nu par les torrens, se contourner et se redresser presque verticalement à l'approche des roches primitives.

En nous retournant du côté du Villard-d'Areine, il fut aisé de reconnaître que dans les ténèbres où nous avions marché, nous avions laissé sur la gauche, et bien au-dessous de nous, le point où trois ans auparavant j'avais déjà touché la superposition du granite sur le calcaire. Mais de ce premier point j'avais remarqué que la ligne de contact des deux roches se poursuivait fort loin en montant au sud-ouest et en continuant à présenter, au moins en apparence, les mêmes circon-

stances. En effet, du point où nous nous trouvions maintenant, nous pouvions voir le bord inférieur de l'escarpement granitique s'élever depuis le point de l'observation primitive jusqu'à notre hauteur actuelle, et même plus haut encore en formant la limite du talus que constitue le calcaire schisteux. Le brouillard nous avait favorisés, puisqu'en nous faisant monter beaucoup plus haut que nous n'y avions d'abord songé, il nous mettait dans le cas, non de répéter sur le même point, mais de refaire à un quart de lieue de là, sur un second point d'une ligne de contact dont le développement total est encore plus étendu, l'observation qui nous intéressait. Un éboulement assez large nous séparait de la ligne de contact des deux roches en place. Nous nous mîmes à le traverser, et notre guide resta à l'entrée tenant son mulet et son panier. La traversée fut assez longue, car les fragmens de granite dont l'éboulement se composait roulaient les uns sur les autres, et ceux que nos pieds dérangeaient, dégringolaient même assez loin sur une pente inclinée d'environ 35°. Mais enfin nous arrivâmes tous les quatre à mettre les mains contre le granite et les pieds sur le calcaire qui le supporte.

L'escarpement granitique *a*, *fig. 5*, était déchiqueté; il présentait des espèces de ravins irréguliers qu'il eût été fort difficile, à cause de leur raideur et de l'inégalité de leur surface, de gravir jusqu'à une hauteur un peu grande, mais dans lesquels on trouvait en abondance des fragmens de granite éboulés des cimes abruptes et dentelées couvertes de neiges perpétuelles qui dominent le point de la superposition. Ce granite est à grain moyens, à feldspath en partie verdâtre et pre

que compacte, en partie blanc, éclatant et très-cristallin, à quartz grisâtre en grains amorphes assez petits, mais bien distincts, et à mica vert d'un éclat satiné. En approchant de la ligne de contact avec le calcaire qui le supporte, le granite mis à nu dans les ravins et les escarpemens change sensiblement de texture, son grain devient plus serré, on n'en distingue plus aussi bien les différens élémens. Cette portion *b* est laissée en blanc sur la coupe pour indiquer la compacité de la roche. En quelques points *c* de la partie tout-à-fait extérieure de la roche granitique, cette roche prend une structure véritablement remarquable : ce n'est plus qu'une brèche à fragmens anguleux ou légèrement arrondis d'un granite blanchâtre, à petits grains, semblable à celui qui forme le reste de la croûte de la masse granitique : ces fragmens sont unis par un ciment d'apparence arénacée qui paraît n'être autre chose que du granite pulvérisé. Le tout forme une roche très-solide ; c'est un véritable pepérino granitique comparable aux tufs trachytiques du Cantal et du Mont-Dore : on pourrait l'appeler en anglais *granit-tuf*, de même qu'on dit *trapp-tuff*. Au point de contact avec le calcaire, la roche bréchiforme ou compacte est quelquefois décomposée ; mais ce n'est pas une règle constante, souvent aussi elle est parfaitement intacte et alors très-dure, très-tenace, très-difficile à tailler en échantillons réguliers.

Le granite repose obliquement sur le calcaire dont les couches plongent sous les escarpemens déchiquetés qu'il constitue, et les ravins qui découpent ces escarpemens permettent de voir la surface de contact sous différens aspects. Cette

surface n'est pas plane, les deux roches s'emboîtent l'une dans l'autre d'une manière beaucoup plus compliquée qu'une seule coupe ne peut l'exprimer; ici pas de filons ferrugineux qui les séparent, c'est une légère différence locale avec le point décrit ci-dessus. Dans celui qui nous occupe, les deux roches sont soudées l'une à l'autre de telle sorte, qu'avec un peu de patience, et pourvu qu'on ne tienne pas à trop bien tailler les échantillons, on peut en recueillir, dont une moitié est calcaire et l'autre granitique. Au point de contact le calcaire est généralement d'un gris bleuâtre, translucide, un peu cristallin, dur, un peu fendillé. Il a visiblement perdu quelque chose de son aspect original, comme cela lui arrive fréquemment dans ces contrées lorsqu'il a été percé ou disloqué par les roches dites primitives.

A un ou deux mètres du contact le calcaire reprend, en *e*, l'aspect qui lui est propre; il est alors d'un gris brunâtre, compacte, un peu marneux, en couches d'environ 2 décimètres (8 pouces de puissance); la stratification qui est assez régulière plonge au Sud 30° Est de 50 à 55°. A.

neux , plus solide , il forme une série de couches très-minces et schisteuses. Des couches analogues à celles qui viennent d'être décrites , alternent un grand nombre de fois sur les pentes nommées le Puy-Vachier, et constituent tout le talus qui descend jusqu'à la Romanche.

Nous avons observé à diverses hauteurs dans ces couches, et jusques à quelques mètres, du granite, un assez grand nombre de bélemnites et des ammonites évidemment jurassiques qui prouvent que ce système fait partie de formation jurassique si singulièrement développée, qui forme toute la partie sédimentaire des montagnes adjacentes, et qui au-dessus des Freaux repose, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, sur les roches primitives.

Près de Champoléon, village situé dans le département des Hautes-Alpes, un peu au midi du groupe primitif qui s'élève autour de la Bérarde, on voit de même le granite supporter en quelques points, et recouvrir en d'autres des couches du système jurassique.

Au pied de la montagne appelée le Puy-de-Peorois, on voit s'étendre en demi-cercle, dans l'angle formé par le Drac et le torrent qui descend de la montagne de Tournon, un lambeau de terrain secondaire composé de schiste argilo-calcaire noir, contenant quelques couches de grès et de calcaire compacte gris, et pénétré par des masses irrégulières de la roche amphibolique ou pyroxénique, connue sous le nom de variolite du Drac, qui, contre l'ordinaire, n'est accompagnée dans cette localité d'aucune masse de gypse. Certaines couches du calcaire contiennent un grand nombre de bélemnites et d'encrines, des polypiers, des fragmens

de grandes bivalves, d'ammonites et de pointes d'oursin, qui ne permettent pas de douter qu'il n'appartienne au système de couches secondaires le plus ancien de la contrée, système qui, ici encore, m'a paru faire partie du terrain jurassique.

Les variolites m'ont présenté différens minerais de cuivre. Dans un bloc de calcaire, j'ai trouvé un petit filon de baryte sulfatée avec galène et blende.

Toute cette bande de terrain secondaire, sur laquelle sont bâtis les hameaux du Chatelar, des Gondoins, des Fermonts et de Peorois, est extrêmement disloquée.

Sur la rive droite du Drac, à 4 ou 500 mètres au-dessus de son niveau, et à peu près à égale distance des deux hameaux appelés les Baumes et les Gondoins, le sol est formé par un granite à petits grains, à mica noir et à feldspath blanc ou rougeâtre. Ce granite est évidemment en place, et tout annonce qu'en descendant du point en question vers le Drac, suivant la ligne la plus

pour ainsi dire l'enveloppe extérieure du précédent.

Immédiatement au-dessus on trouve un grès quartzeux, très-dur, presque compacte *c* ; le plan de superposition plonge vers l'intérieur de la montagne, sous un angle d'environ 30° . Il y a 1 ou 2 mètres de ce grès très-dur.

On trouve ensuite successivement les couches suivantes : *d*, grès schisteux avec surfaces de stratification couvertes d'un enduit charbonneux. Les plans de stratification sont à peu près parallèles à celui de contact avec le granite. Il y a plusieurs mètres de ce grès qui contient de petits filons et de petits nids de baryte sulfatée et de galène.

e. Calcaire ferro-manganésifère gris, saccharoïde, à petits grains, qui, exposé à l'air devient roux à la surface. Il forme une assise assez épaisse, au-dessus du grès précédent, et on y trouve encore beaucoup de petits filons de baryte sulfatée.

f. Calcaire ferro-manganésifère, presque compacte, un peu esquilleux, bleuâtre, un peu schistoïde, qui forme une petite couche au-dessus de la précédente.

g. Variolite du Drac, qui forme une masse de 20 à 30 mètres d'épaisseur, posée sur les couches qui précèdent, et accompagnée de ses tufs. Elle contient en quelques points différens minerais de cuivre.

Cette masse de variolites est recouverte par diverses couches de schiste argilo-calcaire noir et de calcaire gris.

Le granite s'élève par derrière à peu de distance, comme un mur vertical, et coupe la prolongation de tout ce système. Il s'étend sans interruption

jusqu'au sommet de la montagne, abrupte et déchiquetée, nommée le Puy-de-Peorois.

J'ai aussi cherché à voir le contact du granite et des couches secondaires, sur le penchant rapide que présente cette dernière montagne du côté du midi, le long du vallon qui descend de la montagne de Tournon, et ici dans tous les points où j'ai pu voir ce contact, c'était le granite qui s'appuyait sur les couches secondaires.

Au haut d'une arête située entre deux couloirs qui aboutissent l'un et l'autre dans le ruisseau de Tournon, au-dessus du hameau des Fermonts, on voit de la manière la plus claire le granite recouvrir le schiste argilo-calcaire noir friable, dont toute la partie inférieure de cette arête est formée, et dans laquelle sont creusés les deux couloirs. Le granite s'avance en dessus du schiste (*Pl. II, fig. 7*), de manière que sa surface inférieure, qui est celle du contact, présente la forme d'une portion de l'intrados d'une voûte. Les parties du granite qui constituent cette surface courbe elle-même sont très-mal cristallisées.

jusqu'au hameau des Gondoins, où il paraît reposer sur des couches d'un calcaire riche en fossiles dont j'ai déjà parlé, et de l'autre il se prolonge assez loin en remontant le vallon qui descend de la montagne de Tournon, vallon dont il forme le flanc septentrional. Le long de ce vallon, à environ une demi-lieue au-dessus du hameau des Fermonts, j'ai remarqué un couloir ou ravin très-rapide qui prenait naissance dans le granite du Puy-de-Peorois, et dont la partie inférieure était creusée dans le schiste sur une hauteur de 100 à 200 mètres. Je me suis élevé au point où, dans ce couloir, s'opérait le passage du schiste argilo-calcaire au granite, et j'ai fait, de concert avec M. Fénéon, que j'ai eu l'avantage d'avoir pour compagnon dans la plupart des courses dont ce mémoire renferme les résultats, la coupe exacte de leur jonction.

Au-dessus du schiste argilo-calcaire *o*, on trouve successivement en allant de bas en haut,

n. Calcaire compacte gris, qui forme une couche de quelques décimètres.

m. Schiste argilo-calcaire très-fissile, très-friable, et tout-à-fait analogue à celui de la partie inférieure du couloir; 1 mètre.

l. Calcaire compacte gris, avec beaucoup de points spathiques et de petits filons calcaires, qui forme une couche de 1 à 2 mètres.

k. Espèce de granite mal caractérisé qui vient au jour en dessous de *e*, et ne se montre que sur une épaisseur de 1 ou 2 décimètres.

i. Calcaire gris saccharoïde à petits grains, contenant un grand nombre de cristaux de spath perlé; 2 ou 3 décimètres.

h. Roche argilo-calcaire criblée de cristaux de spath perlé; 2 ou 3 décimètres.

g Calcaire saccharoïde à petits grains, gris dans l'intérieur et roux près de la surface, avec petits filons de chaux carbonatée et de baryte sulfatée; couche de quelques décimètres.

f. Grès très-schisteux avec veinules charbonneuses, et qui ne diffère du grès qu'on rencontre ordinairement dans le système jurassique de ces contrées, que parce qu'il est un peu plus dur et plus ferrugineux. Il contient beaucoup de petits filons de baryte sulfatée et de galène; 2 à 3 mètres.

e. Grès quartzeux compacte passant à un quartz compacte avec cristaux de feldspath, presque sans indices de stratification. Ce grès se divise en fragments irréguliers très-anguleux, et renferme de petits filons et des nids de baryte sulfatée et de quartz; 2 mètres.

d. Grès quartzeux à gros grains avec surfaces de stratification charbonneuses contenant beaucoup de cristaux de feldspath, pris tout près du plan de superposition du granite sous lequel il s'enfonce. Les surfaces de stratification sont à peu près parallèles à celle du contact des deux roches. Il y a plusieurs décimètres de cette roche qui renferme aussi quelques petits nids de galène.

c. Granite pris à 1 ou 2 décimètres au plus du point d'application sur le grès; il est mal cristallisé, et présente de nombreux petits filons et de petits nids de baryte sulfatée et de galène.

b Granite analogue au précédent, mais un peu mieux cristallisé; un peu en décomposition, pris à quelques décimètres de la surface de contact, du granite et du grès.

a. Granite à petits grains à feldspath blanc ou rougeâtre et à mica noir ou verdâtre, qui forme la masse de la montagne.

Une des circonstances les plus frappantes que présente le contact du granite à mica noir et à feldspath rose qui constitue les plus hautes montagnes des environs de Champoléon avec les diverses parties du système jurassique, c'est que, quelle que soit l'inclinaison de la surface de contact, si la roche secondaire est solide (calcaire, grès ou variolite), cette roche et le granite sont devenus métallifères près du contact, et renferment en nids et en petits filons de la galène, de la blende, des pyrites de fer et de cuivre, de la baryte sulfatée, de la chaux carbonatée ferro-manganésifère, etc., et qu'en même temps les roches secondaires sont plus cristallines et plus dures près de la surface de contact qu'en tout autre point, tandis que le contraire a lieu pour le granite. Ayant observé ces circonstances en deux endroits différens et dans lesquels même les autres circonstances du gisement sont d'ailleurs diamétralement opposées, je regarde comme très-probable que la présence des substances métalliques et de la baryte sulfatée dans les points mentionnés n'est pas accidentelle, mais qu'elle est au contraire une conséquence de la juxtaposition des roches que ces points présentent.

La présence de ces substances dans l'un des cas où j'ai vu le granite s'appuyer sur les couches jurassiques, montre que cette superposition n'est pas un simple accident dû à des circonstances extérieures et purement mécaniques, telles que le renversement d'une montagne, ou un simple éboule-

ment, mais qu'elle dépend d'une cause intérieure liée aux phénomènes souterrains qui ont causé le premier remplissage des filons métalliques. D'après la manière dont la baryte sulfatée et les substances métalliques sont disposées, il semblerait que ces substances se sont insinuées dans une solution de continuité qui aurait existé entre le granite et les roches stratiformes et sont venues en souder ensemble les deux parois, ainsi que celles de toutes les fentes qui y aboutissaient. Ces circonstances concourraient avec la forte inclinaison des couches de sédiment pour démontrer, si le contraire pouvait être soutenu sérieusement, que la superposition du granite sur les couches sédimentaires ne résulte pas de ce que celles-ci seraient venues se déposer après coup en dessous d'une masse de granite en surplomb.

La manière dont les roches primitives, dans plusieurs des exemples que je viens de citer, s'appuient sur les couches des terrains jurassiques et crétacés, un peu altérées près du contact, la forme largement arrondie des surfaces suivant lesquelles elles s'appliquent sur elles, la variation que présente leur propre grain près de ce même contact, et la forme hardie et abrupte des sommités qu'elles constituent, se réunissent pour donner la preuve et la limite de l'état de mollesse ou de refroidissement imparfait dans lequel elles se trouvaient encore, lorsqu'elles sont venues occuper la place dans laquelle nous les voyons.

Si l'on en jugeait simplement par comparaison avec l'eau et la glace, on pourrait croire qu'un corps ne peut cristalliser qu'en se refroidissant à partir de son point de fusion. Mais il en est autrement pour les corps qui passent de

l'état solide à l'état liquide par un ramollissement progressif.

On sait qu'un morceau de verre chauffé pendant long-temps, et refroidi tranquillement, devient opaque, ce qui paraît résulter simplement d'un commencement de cristallisation qui s'est opéré dans sa masse sans qu'elle ait éprouvé autre chose qu'un simple ramollissement long-temps prolongé.

M. Gregory-Watt a fait sur les roches de trapp, des environs de Dudley, des expériences qui lui ont appris que ce trapp fondu et refroidi très-lentement prend une structure cristalline, tandis que le même trapp, fondu au même degré de chaleur, mais refroidi très-promptement, prend une texture vitreuse (*Manuel géologique* de M. de la Bèche, traduction française, par M. Brochant de Villiers, p. 601).

M. Coste, ingénieur au corps royal des mines, a fait dernièrement au Creusot des expériences dans lesquelles on se servait d'une verge de fer forgé pour agiter un bain de fonte, jusqu'à ce qu'il commençât à se figer, moment auquel on la retirait. Cette verge rougissait par l'extrémité trempée dans le bain de fonte, tandis qu'elle n'était que médiocrement échauffée par l'extrémité opposée, et après être revenue à la température ordinaire, elle se trouvait cassante dans la partie qui avait été chauffée au rouge blanc, et refroidie progressivement; dans cette partie cassante, elle était devenue largement cristalline, et présentait de grandes facettes, tandis que dans l'autre elle avait conservé sa tenacité, son nerf, en un mot sa texture fibreuse primitive. Il est évi-

dent que dans ce cas les molécules du fer, sans se fondre complètement, ont éprouvé un mouvement relatif qui leur a permis de se réunir, conformément aux lois de la cristallisation.

Je suis porté à attribuer la texture largement cristalline de l'intérieur de nos masses granitiques, texture qui contraste si fortement avec la compacité presque complète, qu'elles présentent près de leur point de contact avec les roches secondaires qu'elles sont venues recouvrir, à un mouvement intérieur que, malgré leur solidité presque complète, les molécules y auraient éprouvé pendant le laps de temps immense qu'a dû exiger leur entier refroidissement.

Je ne donne au reste cette explication, que je crois très-susceptible de controverse, que pour fixer davantage l'attention sur un objet qui me semble digne d'être examiné avec plus de détail, et pour l'étude duquel M. Dausse a présenté de nouveaux et importans documens dans son mémoire sur les montagnes des grandes Rousses, lu dernièrement à la société géologique. Mais indépendamment de la justesse plus ou moins grande des vues que je viens d'indiquer, il est *parfaitement évident* que les roches granitiques observées en contact avec les assises jurassiques, n'étaient pas complètement réduites à l'état de masses froides et inertes, lorsque les superpositions décrites ci-dessus se sont définitivement opérées. Or cette seule circonstance est inconciliable avec l'idée que les montagnes de l'Oisans se seraient élevées peu à peu, par une série de secousses de tremblemens de terre de la force de celles qui arrivent de nos jours, mais répétées

pendant un laps de temps immense. C'est donc dans un temps très-court, ou par la succession d'un petit nombre de très-grandes secousses, que les masses de ces montagnes, ont pris les positions respectives et les formes générales qu'elles nous offrent aujourd'hui.

Aussi des observations de nature très-différente nous conduisent également à conclure que les phénomènes dont les formes actuelles des montagnes de l'Oisans sont le résultat, ne sont pas susceptibles d'être fractionnés par la pensée en un très-grand nombre de petites parties ; ils ont été peu nombreux mais énormes, et il ne me semble pas qu'il y ait rien d'exagéré à donner à des événemens de cette grandeur et qu'il serait si difficile de concevoir isolés, le nom de *Révolutions de la surface du globe*.

Les faits que j'ai indiqués dans cette troisième partie seront faciles à vérifier, et peut-être à multiplier. Quelle que soit au reste la valeur qui pourra leur être attribuée, je me féliciterai de les avoir fait connaître, si par-là je détermine de plus habiles géologues à visiter un jour en détail la vallée de Champoléon, le vallon de Beauvoisin, les pentes qui font face au Villard-d'Areine, et à examiner, sur cette ligne de huit à neuf lieues de développement, comment s'opère le contact des couches secondaires et des roches dites primitives.

On ne saurait assez recommander aux personnes qui parcourent ces contrées, de se munir de la carte du Haut-Dauphiné, par le général Bourcet. (Elle se vend à Paris, chez Piquet.)

EMPLOI

Du fer dans les ponts suspendus (1).

par M. E. MARTIN, ancien élève de l'école Polytechnique.

(Extrait.)

M. E. Martin, directeur des forges de Fourchambault, commune de Garchisy (Nièvre), a eu principalement pour but, en écrivant cette brochure de prouver que l'emploi des *barres de fer*, dans les ponts suspendus, est plus avantageux que celui des *câbles en fil de fer*, sous le triple rapport de la *solidité*, de la *durée* et de l'*économie*.

La substitution des chaînes en fer aux câbles de chanvre, adoptée aujourd'hui sur presque tous les vaisseaux, ne permet plus d'émettre de doutes sur les garanties de solidité que présentent ces chaînes. Cette nouvelle application du fer a donné lieu, tant en Angleterre qu'en France, à un grand nombre d'expériences sur la résistance de ce métal : celles qui ont été faites par la marine française, et dont les tableaux qui terminent cette notice présentent les principaux résultats, ont complètement éclairé cette question importante.

Ces expériences établissent qu'il y a, sous le rapport de la résistance à la rupture, par un effort de traction, deux classes de fer bien distinctes, le *fer doux* et le *fer dur*.

Le *fer doux* est le seul propre à la fabrication des câbles de vaisseaux : il s'allonge sous un effort de 18 à 20 kilog. En vertu de sa nature douce, filamenteuse et surtout homogène, il peut s'allonger uniformément, d'un *cinquième* de sa lon-

(1) Brochure in-4°, chez Carilian-Gœury, libraire, quai des Augustins, n°. 41.

gueur, avant de rompre. Cette qualité de fer convient parfaitement aux chaînes de ponts suspendus.

La sécurité que présentent les câbles réside entièrement dans cette propriété remarquable du fer doux, de ne jamais rompre brusquement sans s'être d'abord considérablement allongé, à la manière d'un câble en chanvre; des expériences, faites à la presse hydraulique de la forge de *Guérigny*, sur des câbles en chanvre, ont même prouvé que ceux-ci avaient, avant de rompre, un allongement moindre que celui du fer.

Le *fer dur*, au contraire, peut supporter de grandes charges sans s'allonger, mais il rompt brusquement sous un choc ou à des charges très-inégales.

La difficulté de distinguer, dans l'usage, ces deux qualités de fer n'est point un obstacle à l'emploi du fer doux dans les ponts suspendus, puisque cette question de pratique est journellement résolue pour la fabrication des câbles de vaisseaux.

De nombreuses expériences ont établi la force absolue de la résistance du fer, d'une manière paraison
es câbles
l de fer. beaucoup plus complète que celle d'aucune matière employée dans les constructions. D'ailleurs, ce qu'il est nécessaire de connaître pour l'usage, c'est un terme assuré qui ne laisse aucune chance à craindre : or, il est certain que le fer doux ne rompt pas au choc, qu'il commence à s'allonger, sans altération de force élastique, sous une charge de 18 kilog. par millimètre carré, et qu'enfin le terme de sa rupture est 33 kilog. : ces données peuvent être reconnues et constatées sur le fer qu'on veut employer; enfin il n'y a rien de douteux sur la mesure de la résistance d'une chaîne en fer.

La véritable résistance des câbles en fil de fer

n'est pas encore connue ; elle ne le sera que lorsqu'elle aura été déterminée , par un nombre suffisant d'expériences , sur des câbles de la longueur usitée pour les ponts. En effet , *M. Seguin*, dans son ouvrage sur les ponts en fil de fer , établit, par 23 expériences , que la résistance du fil de fer , par millimètre carré de section , est

pour la plus grande ténacité. 83^k,98.

pour la moindre ténacité. 49,32

M. Vicat adopte la moyenne de. . . 75,00

mais, d'abord , la résistance d'un câble en fil de fer ne peut être égale à la résistance moyenne des fils qui le composent ; car tous les fils d'une ténacité moindre que cette moyenne doivent évidemment se briser successivement à leur charge de rupture , et alors le câble se brisera avant d'atteindre la charge correspondante à la charge moyenne. La résistance du câble est donc évidemment égale à celle du plus faible des fils qui le composent , et cela dans l'hypothèse la plus avantageuse , celle d'une égalité de tension dans tous les fils.

En second lieu , la moyenne des expériences de *M. Seguin* ne peut être la mesure de la ténacité des fils de grande longueur qui forment les câbles pour les ponts , car ces expériences ont été faites sur des bouts de 1^m. de long : or si , sur 23 bouts de fil de fer de 1^m. de long , *M. Seguin* a rencontré un bout plus faible qui n'ait résisté qu'à 49^k,32 , on doit supposer que sur 23^m. de longueur de fil de fer , dans le câble , on aura la chance de rencontrer une portion faible qui ne portera que 49^k,32. La résistance de ces grands fils étant égale à celle de leur portion la plus faible , celle-ci le serait aussi , d'après ce qui a été démontré ci-dessus ; ensorte qu'avec les données des expé-

riences de M. Séguin, $49^{\text{e}}, 32$ serait la mesure de la résistance du câble entier, toujours dans l'hypothèse la plus favorable, celle d'une égale tension dans tous les fils.

La résistance de 75 kilog., comptée sur la moyenne de quelques expériences, est donc inexacte, et en général, toutes les évaluations de ce genre, fondées sur les calculs de quelques expériences, ne peuvent raisonnablement être admises dans une saine pratique : il est donc nécessaire de déterminer la véritable force des câbles en fer par des épreuves de traction sur des câbles entiers, faites à un degré qui ne puisse altérer leur force élastique.

La certitude de la résistance du fer, reconnue par l'usage et par un grand nombre d'expériences et établie matériellement par les épreuves régulières de chaînes entières avant la pose, comparées à l'incertitude de la résistance des câbles en fil de fer, laisse donc tout l'avantage au fer forgé, sous le rapport de la sécurité et de la solidité.

urée.

La plus grande objection contre l'emploi du fer, dans les constructions, est sa destruction continue par l'effet de l'oxidation ; mais si le fer, dans certaines circonstances, se détruit avec une grande rapidité, l'effet de l'oxidation est presque insensible lorsque le fer est placé à l'abri des causes les plus actives de destruction. Ainsi, en plaçant convenablement le système de suspension, la chaîne d'un pont suspendu, peut être mise dans une condition de durée comparable aux autres parties du pont. M. E. Martin cite le pont de Langon (1), sur la Garonne, comme remplis-

(1) Description du pont de Langon sur la Garonne, chez Carilian-Gœury, libraire, quai des Augustins, n°. 41.

sant complètement les conditions de parfaite durée des fers.

L'opinion admise, même par les partisans des câbles en fil de fer, est que la durée de ces câbles ne sera assurée que lorsqu'on aura découvert un vernis solide qui les garantisse de l'humidité; mais que l'on examine la rapide destruction des câbles privés de ce vernis, et l'on comprendra difficilement comment on s'est décidé à suspendre le poids d'un pont à une matière si périssable. Comparé avec les câbles en fil de fer

L'économie à apporter dans la chaîne d'un pont suspendu consiste dans une bonne disposition de formes dans laquelle on n'emploie que la quantité de fer utile à la résistance. Toute économie d'argent qui serait aux dépens de la durée et de la solidité serait peu raisonnable: en effet, la plus grande diminution de dépense que l'on pourrait obtenir en n'employant pas les meilleures qualités serait de 10 pour cent; or, la dépense de la chaîne étant environ $\frac{1}{3}$ de la dépense totale, on n'obtiendrait tout au plus qu'une économie totale de 2 pour 100 sur le prix du pont. Économique

Le peu de notions que l'on a généralement sur les chaînes en fer, ont laissé subsister l'opinion fausse que leur emploi est moins économique que celui du fil de fer. Pour la détruire, M. E. Martin présente, ainsi qu'il suit, le devis comparatif de la dépense des chaînes du pont d'Argentat dans le système des câbles en fil de fer et dans le système des chaînes en fer. Les chiffres relatifs aux câbles en fil de fer sont extraits des comptes de dépense de M. Vicat au pont d'Argentat (1). Comparé avec les câbles en fil de fer

(1) Description du pont d'Argentat, pages 40 et suivantes, par M. Vicat.

TABLEAU

*ÉPREUVES comparatives sur la force des fers
et de*

Cet exemple, fondé sur l'autorité de M. Vicat, est une preuve suffisante de l'économie de l'emploi du fer; on n'a pu multiplier ces preuves, vu que les autres constructeurs n'ont rien fait connaître sur la dépense du fil de fer.

Tableaux d'épreuves sur la résistance du fer.

Les tableaux suivans sont de bons exemples des nombreuses et complètes épreuves qui se font journellement depuis 1827, sur l'espèce de fer employée pour la fabrication des câbles de vaisseaux. Ils ont été dressés sous les ordres de M. Barbé, colonel d'artillerie, directeur des forges de la marine, et par les soins de M. F. Bornet, ancien élève de l'école Polytechnique.

Le tableau n°. 1 donne quelques épreuves comparatives sur les barres de deux fournitures pour câbles.

Le tableau n°. II donne des épreuves faites sur diverses qualités de fer doux laminé pour câbles.

Les tableaux n°. III et IV présentent le résultat d'expériences détaillées faites sur des barres d'un fort calibre et de 6 mètres de longueur : ces épreuves ont été faites pour étudier les allongemens que le fer peut subir avant et après l'altération de son élasticité. Des expériences sur une aussi grande échelle n'avaient point encore été faites : elles sont très-propres à servir au calcul des chaînes de suspension des ponts.

Ces tableaux confirment les principes qui ont été posés au commencement de cette notice, et prouvent que l'allongement est la mesure la plus certaine de la bonne qualité du fer pour la fabrication des câbles.

inés pour câbles de vaisseaux.

Allongement pour un mètre de longueur.	Chaleur au point de rupture	OBSERVATIONS.	
0,145	Null.	Rupture toute à grain.	
0,166	D°.	Rupture à grain, 1/12 de nerf.	
0,147	Sensible.	Un tiers grain, deux tiers nerf, striction nulle au point de rupture.	
0,197	Brûlante.	Rupture toute à nerf, striction très-remarquable.	
0,197	Très-forte.	Rupture toute à nerf.	
0,214	D°.	Tout nerf, striction très-remarquable	
0,232	D°.	Tout nerf, do.	
0,252	Brûlante.	D°.	
0,203	Très-forte.	D°.	
0,183	D°.	D°.	
0,143	D°.	D°.	
0,217	Brûlante	D°.	
0,216	Très-forte.	Rupture à nerf, un peu de grain brillant, striction considérable.	
"	"	Non rompu dans cette épreuve.	
"	"	Non rompu.	
"	Légère.	Nerf noir.	
0,201	"	Nerf et traces de grain.	
0,230	Très-forte.	Nerf, striction très-remarquable.	
0,176	Forte.	D°.	
0,207	D°.	D°.	
0,195	Très-forte.	Tout nerf, do.	
0,197	D°.	D°.	
0,188	D°.	D°.	
0,186	D°.	D°.	
0,186	D°.	D°.	
0,190	D°.	D°.	
0,160	Null.	Grain et un peu de nerf, rompu au collet de l'une des têtes refoulées.	
0,226	D°.	Grain.	
0,111	D°.	Grain.	
"	Brûlante.	Tout nerf, striction remarquable.	
0,071	"	Le barreau n'est pas rompu.	
0,089	"	Rupture au collet d'une des têtes refoulées.	
0,220	"	Deux tiers grain, un tiers nerf.	
0,225	Brûlante.	Tout nerf, striction très-remarquable.	
0,070	Null.	Grain.	
0,218	Sensible.	Nerf noir, striction remarquable.	
0,283	"	Nerf, mêlé d'un peu de grain.	
0,100	"	Nerf, très-peu de grain.	
0,241	Très-forte.	Nerf, striction très-remarquable.	
0,241	Légère.	Tout nerf, striction nulle.	

TABLEAU N°. III.

EXPERIENCES faites le 11 janvier 1829, par 5^e
de froid, sur une barre de fer à câble de 0^m,04
diamètre, et de 6^m,45 de longueur.

TABLEAU N^o. IV.

EXPÉRIENCES faites le 18 janvier 1829, par 5 degrés de froid, sur une barre de fer à câble de 0^m,057 de diamètre, et de 6^m,418 de longueur.

F. L-P.

THÉORIE ET PRATIQUE

Des mortiers et des ciments romains.

Par M. BERTHAUT - DUCREUX, ingénieur des ponts et chaussées (1).

(Extrait.)

L'ouvrage de M. Berthaut-Ducieux est le résultat d'un grand nombre de recherches expérimentales et de travaux-pratiques sur les diverses espèces de chaux et de ciments. « Nous offrons, dit l'auteur, notre travail, avec confiance et conviction, comme le résultat de sept années d'expériences et de près de huit mille essais, que des dépenses considérables nous ont permis de tenter sur une grande échelle. »

Après avoir examiné toutes les sortes de mortiers et de ciments, leurs propriétés et la manière dont ils se comportent à l'air et à l'eau, l'auteur n'hésite pas à accorder une préférence marquée au ciment romain dans la plupart des cas; il donne les moyens de le fabriquer presque partout et à bon marché; enfin, il propose d'en étendre l'emploi à la construction des voûtes et des arches de pont, dont toutes les parties parfaitement adhérentes seront sans aucune poussée; il pense qu'on doit également s'en servir pour l'établissement des piles de pont, des écluses, des fondations de toute espèce; enfin, il peut être employé à la réparation des anciens

(1) Un vol. in-8°, 1833, chez Carilian-Gœury, quai des Augustins, n°. 41, Paris.

ouvrages hydrauliques ou non hydrauliques, et leur assurera, dit l'auteur, une durée presque indéfinie. L'extension qu'a pris en Angleterre l'emploi du ciment romain, l'application qu'on en a fait au muraillement des puits de mine, etc., font penser qu'on ne saurait trop répandre la connaissance des faits qui le concernent, afin de hâter et d'assurer les résultats de l'espèce de révolution que ce nouvel agent paraît destiné à faire dans l'art des constructions.

Definition des
cimens.

« Les cimens sont des calcaires (autres que le plâtre) qui, gâchés seuls avec de l'eau, après avoir été calcinés et réduits en poudre, possèdent la faculté de faire prise et de produire un son sec en quelques instans ou en une heure au plus. »

L'expression de ciment romain est équivalente à celle de ciment hydraulique. La fabrication de la chaux hydraulique artificielle est un service très-important rendu aux arts par M. Vicat mais, dit M. B.-D., toutes ses variétés présentent de graves inconvéniens dont les cimens romains bien préparés, sont exempts, ce qui doit nécessairement leur faire donner la préférence ; mais ils sont rares et chers, ce qui, jusqu'à présent, en a fort limité les usages : c'est donc à cela qu'il fallait d'abord remédier.

« Après avoir trouvé des moyens indirects de fabriquer de bons cimens, nous avons cherché à obtenir le même résultat avec des matériaux qui n'en paraissaient pas susceptibles, et nous y sommes parvenus. On peut donc, et par plusieurs méthodes, faire des cimens qui ne fendent point et qui acquièrent en peu de temps une dureté supérieure aux meilleurs mortiers hydrauliques »

» Mais on peut aller au delà et obtenir av

une chaux quelconque, grasse, maigre ou hydraulique, un mortier qui ne se fende point, et qui par conséquent pourra remplacer le plâtre dans une foule d'usages. »

Il est d'autant plus important d'appeler l'art à son secours, que, si la nature a créé des pierres qui, après leur calcination, peuvent fournir à elles seules des corps susceptibles d'acquérir une grande dureté, tout en prenant les formes qui nous conviennent, elles manquent cependant dans bien des contrées.

Avant d'exposer les résultats de ses recherches, et dans le but de résoudre quelques-unes des nombreuses questions qu'il indique relativement aux propriétés et aux effets des diverses espèces de chaux, de pouzzolanes, de mortiers et de cimens, M. B.-D. commence par examiner l'état de l'oxide de silicium dans divers corps naturels; par exemple, dans la chaux argileuse, avant et après sa calcination, et l'influence de cet état, ainsi que les moyens employés pour le changer; c'est un des points principaux et comme le principe des explications des phénomènes que présentent les diverses espèces de chaux et de cimens, de leur fabrication et de leur emploi en différentes circonstances.

Sous le rapport de ses effets sur la chaux (effets dont nous allons parler tout à l'heure), la matière siliceuse qui se trouve dans un grand nombre de minéraux, se comporte fort différemment: dans quelques composés naturels, et sans leur faire subir d'autre préparation que de les pulvériser, la silice agit avec plus ou moins d'énergie sur la chaux en pâte, et la rend hydraulique, c'est-à-dire capable de résister à l'action dissol-

Propriété
l'oxide
silicium

vante de l'eau ; telles sont les pouzzolanes volcaniques et même d'autres substances qui ne paraissent pas avoir subi l'action du feu ; d'autres substances n'acquièrent la propriété *hydraulique* qu'à l'aide d'une calcination ménagée qu'elles subissent seules, ou mélangées avec de la chaux ; telles sont les argiles ; enfin, d'autres matières siliceuses, calcinées ou non, demeurent, comme on dit, inertes ; tels sont la plupart des sables siliceux.

deux états
différens
de la silice.

La matière siliceuse se présente donc comme active ou comme susceptible de le devenir par la calcination, ou bien comme inactive : ce sont évidemment des états différens de la silice.

M. Berthaut donne le nom d'*acide silicique* à la silice qui peut agir sur la chaux, et réserve ce dernier nom à la matière inactive ; mais il n'y a malheureusement aucun moyen de distinguer *a priori* ces différens états ; la silice gélatineuse, soluble dans les acides et les alcalis, a été reconnue depuis long-temps comme très-active, mais il y en a d'aussi active parmi celle insoluble et en grains de volume appréciable.

L'auteur énumère ainsi les diverses variétés de la matière siliceuse : 1°. la silice soluble dans l'eau ; 2°. celle soluble dans les acides et dans l'hydrate de potasse ou de soude ; 3°. celle calcinée, même à l'état de grains palpables ; 4°. celle insoluble dans les corps précédens, soit crue, soit cuite ; 5°. enfin celle complètement inactive, quelle que soit sa ténuité ou la finesse qu'on lui donne. Dans les quatre premiers états, cette substance possède la propriété d'agir chimiquement sur la chaux, de la rendre insoluble et de former avec elle (et de l'eau) un corps dur et même très-dur :

dans le cinquième, elle en est complètement privée. Les quatre premiers constituent une substance active jouant le rôle d'élément électro-négatif, et mérite le nom d'*acide silicique* ; l'autre est totalement inerte et conserve le nom de *silice*.

C'est M. Vicat qui a reconnu le premier que l'acide silicique n'a pas besoin d'être soluble par les agens chimiques, pour posséder la faculté hydraulisante; c'est ainsi que de la silice gélatineuse, dont l'état fait concevoir l'action chimique sur la chaux, ayant été calcinée de manière à se présenter sous la forme d'une poussière plus ou moins grossière, et qui n'est plus dissoluble par les agens chimiques, conserve encore la même influence sur la chaux.

L'auteur a constaté ce fait par des expériences nombreuses; il ajoute : « Nous avons été presque constamment plus satisfaits des mortiers que l'acide silicique nous a donnés, après sa calcination, que de ceux qui provenaient de sa gelée » ; cependant dans le premier de ces états, sa cohésion, sa densité surtout, sont comparables à celles de la silice inerte, tandis que dans le second, elles sont extrêmement faibles, et par conséquent favorables aux réactions chimiques. Dans la combinaison directe de l'acide silicique avec la chaux hydratée, l'influence de la cohésion est nulle : nous l'avons fréquemment observé.

» Il semble difficile d'assigner la différence qui existe entre la farine de silice, substance inerte, et l'acide silicique soluble et insoluble; mais il n'est pas douteux qu'elle ne suive tous les degrés, et qu'on ne puisse former de la farine à peine ca-

pable d'hydrauliser la chaux, comme de la farine qui le soit beaucoup.»

M. B. D. avoue n'avoir pas encore trouvé de moyen chimique pour constater l'état d'acide silicique, et reconnaître, dans une substance siliceuse quelle est sa proportion et celle de la silice inerte. On en est donc réduit aux essais par le moyen de la pâte de chaux, en observant le temps de la prise sous l'eau, la dureté acquise, etc.

L'auteur a étudié l'action de l'acide silicique sur la chaux pour la rendre insoluble dans l'eau; il a constaté que cet acide en grains ou en poussière palpable pouvait produire cet effet sur de la pâte de chaux; mais, ce qui est plus surprenant, qu'il rendait de même indissoluble de la chaux en grains, qui ne pouvait être touchée par lui sur tous les points de sa superficie : c'est ce qui lui a fait admettre une action à distance.

Des grains de chaux, parmi lesquels on en distinguait qui avaient plus d'un millimètre de diamètre, et de l'acide silicique en sable, entre lesquels le contact ne peut être complet sur toutes les faces, réagissent cependant de manière que l'eau ne peut plus dissoudre les grains de chaux; ils éprouvent une influence telle qu'il n'y a que des agens plus énergiques que ce liquide, qui puissent les attaquer. L'auteur dit même que l'acide oxalique et d'autres acides faibles n'y peuvent rien, bien qu'ils soient plus forts que l'acide hydrique (l'eau). Il se demande s'il n'y aurait pas d'autres substances capables de rendre, par leur contact, la chaux inattaquable ou indissoluble par l'eau? Il n'hésite pas à le croire, sans toutefois pouvoir les indiquer.

Dans cette réaction, il n'y a pas combinaison

chimique, puisque « si l'on désagrège le corps durci sous l'eau et que l'on dissolve la chaux par un acide, il n'y a pas un atome de matière siliceuse de dissoute, et les grains d'acide silicique employés demeurent en même nombre et dans le même état qu'auparavant : on peut souvent reconnaître que leur surface n'a pas été altérée. »

Evidemment il n'y a pas en formation d'atomes composés, et cependant l'ensemble formé par l'acide silicique, la chaux et l'eau, possède des propriétés particulières, et que n'avait pas l'hydrate de chaux, entre autres celle de se durcir promptement et d'être inattaquable par l'eau qui forme néanmoins un de ses composans.

Voici comment M. B. D. s'explique sur ce composé qu'il nomme *agrégat* : « Il est formé de substances, pour ainsi dire juxtaposées, comme de la limaille, ou des grains de fer autour d'un aimant; il n'y a pas eu action chimique dans le sens ordinaire du mot, mais cependant formation d'un corps nouveau, jouissant de propriétés à lui. »

Quelle est donc la nature de cette action qui paraît s'exercer à distance? L'auteur en trouve la cause dans l'électricité, si souvent et quelquefois si heureusement employée pour expliquer les phénomènes de l'action chimique. Nous ne le suivrons point dans cette partie de ses recherches, quelque intéressantes qu'elles soient (1).

(1) « L'union de la chaux hydratée avec l'acide silicique nous montre une action (à coup sûr plus intense que nombre d'actions chimiques) qui résulte de la seule juxtaposition, ou du simple mélange de substances solides en grains de grosseur commensurable; ce genre

« Il reste démontré pour nous , dit M. B. D., que la chaux n'exerce, par la voie humide, aucune action dissolvante sur la silice et même sur l'acide silicique; cependant la réaction de ce dernier sur l'hydrate de chaux est souvent fort énergique. »

L'auteur admet, avec tous ceux qui se sont occupés des chaux et ciments hydrauliques, que c'est l'hydro-silicate de chaux qui joue le principal rôle dans les phénomènes de l'hydraulicité; mais il reste, ce nous semble, beaucoup d'obscurité sur la formation de cet hydro-silicate, dans le cas où l'acide silicique se trouve en grains qui peuvent reparaître dans leur entier, après avoir donné naissance à un mortier ou à un ciment hydraulique, après avoir durci sous l'eau, etc. Il faut peut-être se borner, dans ce cas, à considérer l'hydrate de chaux comme mélangé avec de l'acide silique dont l'influence rend, ainsi qu'on l'a dit, la chaux indissoluble par l'eau.

ation des
rtiers ou
iments
auliques.

Passant aux applications de ces notions, nous ferons remarquer, avec M. B. D., que pour obtenir ou fabriquer des chaux, ciments ou mortiers hydrauliques, il faut: 1°. se procurer de l'acide silicique, en quantité suffisante pour produire les effets dont on a besoin. On le trouve tout formé dans certaines substances naturelles, telles que les Pouzzolanes; on peut le former ou le développer artificiellement dans quelques corps, ainsi qu'on le fait par la cuisson des argiles, celle des calcaires argileux, etc.; « ces substances sont

de combinaison nous paraît digne de l'attention des savans, sa liaison à l'électro-chimie nous semble frappante, etc. »

plus ou moins énergiques, à l'égard de la chaux, en raison de l'acide silicique libre qui s'y trouve au moment où on les emploie; » 2°. faire agir cet acide silicique sur la chaux ou plutôt sur l'hydrate de chaux, de la manière la plus convenable pour former l'hydro-silicate de chaux; 3°. enfin, on doit placer les chaux, ciments ou bétons dans des circonstances favorables, pour que ces composés acquièrent promptement, ou au bout d'un certain temps, la plus grande résistance (solidité et indissolubilité par l'eau) que l'on en peut obtenir.

C'est ici que l'on sent de quelle importance serait la connaissance d'un procédé simple qui ferait reconnaître l'existence, la proportion et l'énergie de l'acide silicique contenu dans les substances naturelles ou préparées artificiellement : jusqu'ici on n'a de moyen direct que pour l'état de silice gélatineuse, et nous avons vu que ce n'était qu'une des manières d'être de cet acide ; il faut même se garder de conclure de l'absence de celle-ci, qu'il n'y a point d'acide silicique dans une substance.

« Les méthodes d'analyse employées aujourd'hui ont le grave inconvénient de confondre la silice (inerte) avec l'acide silicique, ce qui, dans l'espèce, est capital ; nos essais, pour triompher de cet obstacle, nous donnent lieu, dit M. B. D., d'espérer le succès. »

L'acide silicique, inattaquable par la voie humide, demeure donc, à l'ordinaire, inaperçu dans les résidus, et confondu, faute de moyens de le discerner, avec le sable inerte.

Nous reviendrons tout à l'heure sur les divers procédés employés en grand pour se procurer de l'acide silicique libre et plus ou moins pur.

des de
cissement
mortiers
cimens.

M. B. D., d'accord avec tous ceux qui ont traité des chaux et mortiers, reconnaît différentes causes à leur durcissement, selon leur nature et les circonstances où ils sont placés. Ces causes sont :

1°. Pour les chaux grasses ou mortiers de chaux grasses susceptibles d'être attaqués par l'eau, la dessiccation qui fait prendre une certaine dureté à l'hydrate (mais le plus souvent en produisant des fentes), à mesure qu'il perd de l'excès d'eau qu'il contient ; puis la combinaison de l'acide carbonique absorbé de l'atmosphère, moyen de solidification lent et pendant longtemps incomplet, mais qui peut seul procurer à ces mortiers la dureté et la faculté de résister à l'action dissolvante de l'eau : on sait d'ailleurs que la saturation n'est pas nécessaire pour cela.

2°. Pour les chaux, mortiers et cimens hydrauliques, la prise et le durcissement sous l'eau ou à l'humidité dépendent de l'existence ou de la formation, et de la quantité de l'hydro-silicate de chaux dans ces composés.

L'auteur résume ainsi ses vues théoriques à ce sujet : « Les gangues calcaires des mortiers sont

composé sans consistance, qui reste mou pendant des siècles, quand l'évaporation est impossible, et qui reste sans dureté quand elle a lieu. »

» Avec l'acide carbonique, mais en plein air, à l'abri de l'humidité, la chaux peut fournir un mortier qui acquiert à la longue, par l'absorption de l'acide carbonique, une grande dureté, et ne redoute plus l'action de l'eau. » « L'alumine et le peroxide de fer donnent des résultats qui ne valent guères mieux que ceux de l'eau. Ainsi tous les efforts du manipulateur de mortiers doivent tendre à former ou de l'hydro-silicate, ou du sous-carbonate de chaux. » Mais la difficulté qu'éprouve l'hydrate de chaux, et le temps nécessaire pour que l'hydrate de chaux pur durcisse par l'absorption de l'acide carbonique, l'impossibilité même d'obtenir ce résultat dans certains cas, réduisent, presque à un seul, l'agent du durcissement et de la résistance à l'eau dans les mortiers et bétons. C'est donc de l'acide silicique, des moyens de le développer ou de l'introduire dans les mortiers et ciments, qu'il faut s'occuper principalement.

Nous allons maintenant exposer rapidement les idées et les résultats d'expérience de M. B. D., en commençant par l'examen des matières premières des mortiers et ciments; savoir : les pierres calcaires, les argiles, les pouzzolanes, les sables, etc, pour arriver ensuite aux mortiers et ciments eux-mêmes; nous y réunirons tout de suite des observations sur le mode de préparation usité pour chacun d'eux.

D'après tout ce qu'on a vu précédemment, la chaux rendue caustique est l'élément essentiel de toute espèce de mortier ou ciment calcaire, le

plâtre excepté. Le carbonate de chaux est la substance naturelle qui la produit, au moyen d'une simple calcination ; s'il est pur, on obtient de la chaux *grasse* ; dans le cas contraire, c'est de la chaux *maigre*, qui peut être *hydraulique* si le calcaire était argileux. Les calcaires qui, après leur calcination, contiennent de l'acide silicique libre, donnent des chaux hydrauliques ou des ciments dits *naturels*. Les chaux maigres non hydrauliques ne renferment que des matières inertes.

Ainsi donc, en calcinant avec précaution des calcaires argileux, en même temps que l'on chasse l'acide carbonique, on forme ou l'on rend libre de l'acide silicique : il y a là une réaction de la chaux qui mérite d'être observée ; mais il est également certain que la seule calcination ménagée de certaines substances, telles que les argiles, suffit pour y développer de l'acide silicique libre, ainsi qu'on le verra tout à l'heure.

Lorsque, dans une certaine localité, on n'a que des calcaires purs ou des chaux grasses qui en sont le produit, on ne peut en obtenir de bons mortiers, surtout de ceux qui résistent bien à l'eau et à l'humidité, que par une addition d'acide silicique qui aura lieu par l'un des moyens suivans :

1°. La chaux pure ou grasse sera immédiatement rendue hydraulique par son mélange à l'état de pâte (hydrate) avec des substances connues pour contenir cet acide libre ; telles sont : les pouzzolanes naturelles, trass, et toutes matières volcaniques ; la brique pilée, ou en général les argiles cuites avec précaution, et qui sont dites souvent *pouzzolanes artificielles* ; enfin certaines substances naturelles non calcinées, et qui

possèdent, avec quelque énergie, cette propriété hydraulisante.

2°. En mêlant intimement, avec de la chaux grasse en poussière, de l'argile en parties très-ténues, et en calcinant le mélange, on obtient l'espèce de chaux hydraulique dite de *seconde cuisson*.

3°. Avec des calcaires purs, non cuits, qui ne produiraient que de la chaux grasse, et de l'argile bien mêlés ensemble, on obtient également, par calcination, et d'une manière plus économique que par la méthode précédente, des chaux hydrauliques ou du ciment romain.

Dans les contrées où l'on trouve des calcaires argileux, il suffit de les choisir d'après des essais; et l'on rencontrera très-probablement des mélanges naturels propres à donner des chaux hydrauliques ou du ciment romain.

L'auteur pense que « les carbonates de chaux à particules très-denses fournissent une chaux qui a de la propension à former des mortiers compacts et denses. » La composition des pierres à chaux a une influence nécessaire sur la qualité de la chaux qu'elles produisent, ainsi que nous l'avons vu; mais les circonstances de la cuisson, quoique moins importantes, influent aussi sur ces mêmes propriétés, et sans doute d'une manière variable, en raison de leur composition.

Pierres calcaires, influence de leurs propriétés sur la nature de la chaux.

Les courans d'air établis pendant la calcination paraissent en général favorables; M. B. D. ayant reconnu combien il est difficile de calciner des argiles en vase clos, ce fait lui semble donner l'explication de l'influence d'un courant d'air dans les fours où on les chauffe.

Parmi les effets de la cuisson sur les pierres

calcaires, on remarque les suivans : « Nous avons rencontré, dit M. B. D., des carbonates qui, légèrement cuits, et à peine privés d'une faible partie de leur acide carbonique, sont devenus pouzzolaniques; ces mêmes calcaires complètement calcinés, nous ont donné de la chaux hydraulique. Nous en avons trouvé d'autres, que nous n'avons pu rendre pouzzolaniques, et qui, cependant calcinés convenablement, nous ont fourni de bonnes chaux hydrauliques. »

L'auteur explique l'influence de l'eau ou de l'humidité dans la calcination des pierres à chaux en considérant la vapeur qui se forme, comme favorisant l'entraînement de l'acide carbonique hors de l'appareil.

« La chaux n'a pas besoin, pour subir complètement l'extinction, d'être privée en entier d'acide carbonique; elle peut en retenir jusqu'à 10 pour cent du poids du carbonate, et même plus, sans cesser de former avec l'eau une bouillie impalpable; de s'éteindre en un mot, en donnant beaucoup de chaleur. » Mais il convient en général de compléter la cuisson parce que « l'acide silicique n'ayant pas le pouvoir de déplacer l'acide carbonique, il s'en suit que le silicate, qu'ordinairement on doit chercher à produire, est d'autant moins abondant qu'il se trouve plus d'acide carbonique dans la chaux. »

Au reste, le degré, la durée et le mode de cuisson peuvent modifier l'intensité des propriétés des chaux hydrauliques, soit en laissant plus ou moins d'acide carbonique dans la chaux, soit en mettant en jeu, ou en laissant inerte la farine de silice assez tenue pour n'avoir pas besoin d'une grande chaleur. »

L'action de la chaux sur la silice, pendant la calcination, a pour résultat de la convertir (plus ou moins) en acide silicique; mais pas toujours de la rendre soluble dans les acides ou dans les alcalis. « Cela n'arrive que lorsque la chaux est en grand excès, ou que la silice est extrêmement ténue; encore mieux lorsqu'elle est déjà à l'état d'acide silicique; mais il faut de plus que la chaleur soit soutenue et prolongée et l'affluence de l'air considérable; alors la solubilité est complète ou presque complète. Dans les circonstances opposées, elle l'est rarement. Ainsi, dans les ciments romains, naturels ou artificiels, il n'y a presque jamais qu'une faible quantité de cet acide qui soit rendue soluble: la dose de chaux n'y est pas assez considérable pour faire plus.

« Les argiles sont formées de corps combinés et de corps mélangés; les premiers sont l'hydro-silicate d'alumine et celui de peroxide de fer; les seconds consistent en silice en grains ou en poudre plus ou moins ténue, on y trouve le peroxide de fer, ou son hydrate. Mais la substance onctueuse, liante, sujette à retrait, est évidemment un composé défini dont l'acide silicique et l'eau sont les élémens électro-négatifs. C'est la substance naturelle qui contient l'acide silicique en plus grande abondance, parce que les pierres siliceuses ne renferment généralement que de la silice inerte.

Argile
fabrication
pouzzolane
artificielle

» On pourrait sans doute les employer pour préparer directement cet acide; il suffit, pour cela de les réduire en farine, et de les calciner avec de la pierre calcaire, à peu près comme on traite un minéral par la potasse ou la soude, pour en

faire l'analyse. La chaux, quoique moins énergique que ces alcalis, convertit la silice en acide silicique, dont une partie est soluble et l'autre ne l'est pas. Mais ce procédé employé en grand serait fort dispendieux, et la seule réduction du quartz en farine, même après étonnement, coûterait presque autant que la fabrication entière de la chaux hydraulique au moyen de l'argile; il arrive d'ailleurs souvent qu'une partie de la farine n'est pas acidifiée, et demeure inerte. »

En calcinant les argiles seules, on éprouve les inconvéniens qui résultent du mélange et de l'introduction, dans les mortiers et cimens, de l'argile, de l'alumine et d'autres substances inutiles ou nuisibles; mais, comme nous venons de le dire, la fabrication et par conséquent l'emploi de l'acide silicique pur seraient beaucoup trop coûteux pour devenir usuels.

D'après ce qu'on a dit de la composition des argiles, où l'acide silicique forme, avec l'eau, une combinaison assez solide (un hydrate), il est facile de concevoir que leur calcination a pour objet de décomposer les hydrates, pour isoler l'acide, et le rendre capable d'agir sur la chaux, etc.

La privation de l'eau combinée est également importante dans les pouzzolanes naturelles et artificielles; car leur énergie ou leurs effets d'hydraulisme sont en raison de la quantité de l'acide contenu, et de l'absence d'eau combinée dans ces substances. Cependant les argiles calcinées, même fortement, en retiennent encore des quantités notables; mais l'eau qui constituait les hydro-silicates étant enlevée, c'est là ce qui est nécessaire pour rendre hydrauliques les argiles qui ne le sont pas à l'état crû.

L'argile extrêmement grasse, très-riche en hydro-silicates, et pauvre en corps mêlés, doit être choisie pour fabriquer la pouzzolane artificielle : la plus grande partie de la silice s'y trouve à l'état d'acide silicique, tandis que les argiles maigres ne renferment pas toujours un vingtième d'hydro-silicate d'alumine. Cependant il n'est pas absolument nécessaire que l'argile soit très-riche en hydro-silicate; cela pourrait même avoir des inconvéniens, en ce qu'elle devient fort dure par la calcination, ce qui peut affaiblir son énergie; celle-ci serait même annulée en poussant trop loin cette opération. Sans doute, l'argile n'arrive que par degrés à la vitrification qui détruit complètement la propriété pouzzolanique, et l'on peut arrêter la calcination au point où elle est à son maximum; mais il arrive pourtant que l'effet du feu n'est pas uniforme, et on observe souvent que des parties superficielles ne sont plus ou presque plus pouzzolaniques, quand celles inférieures le sont encore. De là les précautions à prendre pour produire une calcination uniforme. M. B. D. regarde la calcination de l'argile sur des feuilles de tôle, comme un mode de fabrication mauvais et fort dispendieux. Le procédé le plus avantageux est celui où l'on emploie les *fours coulans*.

Il est économique de faire sécher au grand air les matières à cuire; enfin l'auteur dit que l'on trouve souvent de l'avantage à mêler l'argile à calciner avec des substances minérales ou végétales de peu de valeur : les sables, les poussières très-fines, ainsi que la paille ou les feuilles sèches, rendent l'argile plus facilement pénétrable par l'air et plus perméable au calorique : ces mélanges

ont souvent donné d'excellentes pouzzolanes, à l'aide d'une cuisson médiocre, et leur emploi peut procurer une grande économie dans la fabrication.

pouzzolanes.

Les pouzzolanes volcaniques, qui sont les plus énergiques, pour former des cimens hydrauliques, c'est-à-dire pour rendre la chaux insoluble dans l'eau, contiennent une quantité considérable d'acide silicique libre, et qui doit cet état à l'action du feu : aussi les pouzzolanes artificielles n'en diffèrent-elles point ; l'énergie est d'ailleurs variable dans les unes comme dans les autres, en raison des circonstances de la calcination.

Au reste, toute substance qui renferme de l'acide silicique libre possède à un degré plus ou moins élevé, les propriétés de la pouzzolane ; c'est ce qui a été vérifié pour le calcaire de Sénonche qui contient de la silice gélatineuse. M. Vicat a proposé un procédé pour déterminer, par un essai de laboratoire, l'énergie des pouzzolanes, ou en d'autres termes pour évaluer la quantité d'acide silicique libre qu'elles contiennent. Ce célèbre ingénieur ayant reconnu le premier que les substances pouzzolaniques possèdent à un degré plus ou moins éminent, la propriété de neutraliser l'eau de chaux, ou plutôt de s'emparer, en la précipitant, de la chaux qu'elle contient, avait conjecturé que le degré d'intensité de cette faculté pouvait offrir la mesure relative de leur bonté ; mais des faits nombreux et incontestables ne permettent pas de s'en rapporter à ce moyen.

« L'action pouzzolanique est essentiellement chimique, et n'a aucun rapport avec la faculté d'absorption qui est toute mécanique ; souvent elle a lieu dans un sens inverse de celle-ci. Telle

les fait adhérer aux matériaux de construction), sont des combinaisons chimiques, ainsi que nous l'avons dit précédemment. L'action des gangues sur les sables et sur les matériaux quelconques est donc de la nature de celle que nous avons déjà reconnue, et qui ne produit sur ceux-ci aucune altération même superficielle, quoiqu'il y ait une forte adhérence.

M. B. D. a constaté qu'au bout de quinze mois ils n'étaient ni plus ni moins attaquables par les agens chimiques qu'avant cette combinaison, qui diffère en cela de celles où il y a formation d'atomes composés, etc.

« Il y a un point en litige important à décider, au sujet de l'influence des sables sur la résistance des mortiers : sont-ils utiles, nuisibles ou indifférens? exercent-ils une action chimique sur les gangues? M. Vicat s'est prononcé pour l'utilité et pour l'action chimique; M. Treussart, pour l'indifférence; MM. Berthier et John pour l'inertie corpusculaire. »

« Nous avons cru devoir, dit M. B. D., nous livrer avec un soin particulier à l'examen de ces questions. »

On vient de faire connaître l'opinion de l'auteur sur la nature de l'action moléculaire exercée par la chaux hydratée sur le sable, et suivant lui, MM. John et Berthier ont raison de nier toute action chimique semblable à celles qui ont lieu ordinairement.

Sur la partie la plus importante de la question, celle de l'utilité des sables, l'auteur fait remarquer que M. Vicat a dû conclure de ses expériences, faites pour constater une seule espèce de résistance, que les sables augmentaient celle-ci;

M. Treussart a eu le même motif de se prononcer pour l'indifférence; mais pour lui, qui considère la résistance à l'écrasement comme la plus importante dans les mortiers, parce que c'est à ce mode de désagrégation qu'ils sont le plus exposés dans les constructions, il n'hésite pas à prononcer « que l'emploi du sable (qui est presque toujours fait dans une vue d'économie) est en général nuisible à la résistance des agrégats dans lesquels il se trouve mêlé. On ne doit en mettre, dit-il, qu'une très-faible proportion lorsqu'il s'agit d'exécuter quelque ouvrage délicat, ou qui exige une grande solidité. »

Cependant il accorde « qu'il n'est aucune circonstance où l'addition du sable à une gangue convenable ne présente un suffisant excès de force. »

Relativement à l'influence du sable contenu dans les mortiers, pour empêcher ou diminuer la solubilité de la chaux par l'eau (principalement dans ceux qui sont immergés), et que M. l'ingénieur Pétot a annoncé être constamment favorable, M. B. D. a fait des expériences qui l'ont amené à une conclusion presque opposée : « Généralement l'addition du sable a augmenté plutôt que diminué la quantité de chaux dissoute par une certaine quantité d'eau. »

On demande généralement aux mortiers et cimens de toute espèce de la force, ce qui s'entend de la cohésion de leurs parties, de l'adhérence avec les sables et les matériaux de construction, et ensuite, après un certain temps, de la dureté, de la résistance à l'écrasement; quelquefois on exige en même temps, ainsi que nous l'avons vu, qu'ils résistent à l'eau, ou bien à la sécheresse, à la chaleur, à la gelée, etc.

Les défauts principaux des mortiers et ciments, soit qu'ils tiennent à leur nature, soit qu'ils dépendent des circonstances dans lesquelles ils se trouvent lorsqu'on les a employés (car chaque espèce de mortier a ses applications spéciales), résultent surtout du *retrait* ou de la diminution de volume qui s'opère en eux pendant qu'ils durcissent ; les fentes ou fendillemens qui en sont la suite presque nécessaire détruisent leur cohésion, leur dureté, etc., et ont les plus graves conséquences relativement à la durée des constructions.

La cohésion de la gangue d'un mortier ou de l'ensemble d'un ciment est certainement le point le plus important et la force qui influe le plus sur leur résistance mécanique ; elle varie beaucoup selon la nature de la chaux ou du ciment, la manière dont il a été préparé, etc.

Dans les mortiers où le sable entre toujours en quantité notable, et souvent supérieure à celle de la gangue, l'adhérence de ces deux substances est fort importante pour la résistance de l'agrégat. Toutefois, l'auteur accorde plus d'importance encore à la cohésion de cette gangue qu'à son adhérence pour le sable ou les matériaux : « Il paraît d'ailleurs par le fait, dit-il, qu'en augmentant la cohésion des gangues, on augmente aussi le plus souvent leur adhérence, et qu'ainsi s'occuper de la première, c'est travailler à la seconde. »

Pour avoir un mortier ou un ciment qui demeure solide et résistant, il faut qu'il ne prenne pas de retrait en durcissant ; or, les mortiers hydrauliques formés soit avec des chaux hydrauliques et du sable, soit avec de la chaux grasse et des pouzzolanes, ne sont point exempts de ce dé-

faut, principalement à cause des substances inertes et susceptibles de retrait qu'ils renferment (1).

Le *ciment romain* possède seul une plasticité parfaite; il ne se fend point lorsqu'il a été bien préparé : cette propriété résulte de ce qu'il n'éprouve pas de diminution de volume en se solidifiant, attendu que la chaux qui s'y trouve est vive, et peut entrer tout entière dans l'hydro-silicate qui se forme au moment où l'on gâche après avoir ajouté de l'eau. La réaction des élémens et l'absence de l'hydrate de chaux ne produisent point, non plus que l'action des agens extérieurs, de changement de volume.

Ciment
romain.

« Pour les mortiers immergés ou abrités, il n'est de cohésion et d'adhérence qu'avec l'acide silicique; pour les mortiers atmosphériques, il n'y en a qu'avec l'acide carbonique ou silicique : ainsi, la présence de ce dernier pouvant rendre les mortiers et, à plus forte raison, les cimens capables de résister dans toutes les circonstances où ils peuvent se trouver employés, on ne doit pas s'étonner d'entendre M. B. D. répéter « qu'avant tout, et toujours, il faut former des hydro-silicates dans les mortiers et les cimens. » Au lieu d'hydrate de chaux pour former la gangue des mortiers, c'est son hydro-silicate qu'il faut employer; alors une influence chimique puissante est mise en jeu, et toutes les conditions d'un bon ciment peuvent être facilement remplies.

Dans la fabrication ordinaire des mortiers, la chaux est employée après la cessation des phéno-

(1) Dans le premier cas c'est surtout à cause de l'excès de chaux relativement à l'acide hydro-silicique qu'ils contiennent.

mènes qui accompagnent son *extinction*, opération sur laquelle nous n'avons pas cru devoir nous arrêter; le résultat est toujours la formation d'un hydrate de chaux, et c'est lui qui est employé à la confection des mortiers.

Il y a à cet égard une différence importante entre ceux-ci et les cimens; les mortiers sont gâchés avec une assez grande quantité d'eau, tandis que les cimens en admettent fort peu et sont employés immédiatement.

Les chaux grasses donnant généralement de mauvais mortiers, M. B. D. recommande d'ajouter à ceux-ci, et pour les améliorer, du ciment romain; cela convient aussi pour ceux de chaux hydraulique. L'addition de la chaux vive à ces mortiers, indiquée par quelques ingénieurs, ne lui a jamais donné de bons résultats.

L'auteur s'occupe des cimens de pouzzolanes, et recommande surtout de n'employer que celles qui sont complètement déshydratées, et qui, par cette raison, sont exemptes de retrait.

« Cependant il n'est pas toujours nécessaire (et surtout économique) d'employer des mortiers ou cimens hydrauliques très-puissans; car, comme l'hydraulicité est en raison inverse du volume obtenu (avec les composans), le constructeur peut donner la préférence au mortier faiblement hydraulique. » Il conviendrait même, à l'égard des pouzzolanes, que l'on fit toujours des expériences pour se rendre compte du volume qu'occupera définitivement, après le gâchage, celle que l'on voudra employer. »

Le caractère des cimens, et ce qui les distingue des mortiers, c'est qu'à eux seuls appartient la promptitude de la prise et l'absence de fendil-

brication
et emploi
des cimens.

lemens lorsqu'ils sont employés, mais ils diffèrent beaucoup entre eux sous ces rapports. On s'est beaucoup exagéré les soins que demande l'emploi des cimens : c'est une erreur de croire qu'on y trouve de grandes difficultés, et il faut peu de temps aux ouvriers pour les surmonter. Cependant, « il est vrai de dire qu'il est besoin de plus d'activité et d'adresse dans leur emploi que pour les mortiers ordinaires ; c'est là un vice inhérent au service qu'on leur demande. »

C'est principalement à l'égard des cimens que se fait sentir l'influence de la densité et de la dureté des pierres calcaires qui les produit, parce que ce sont, avec le plâtre, les mortiers que l'on emploie en pâte plus compacte, et sans que la chaux ait été délayée ou divisée, comme elle l'est par l'extinction ordinaire ou par la formation de l'hydrate auquel on mêle du sable pour constituer le mortier usuel.

« Nous n'avons trouvé ce caractère de prise et de solidification rapides, qu'aux cimens provenant de calcaires très-denses et bien homogènes.... Pour que le ciment persiste dans sa solidité et sa dureté, il n'est pas nécessaire qu'il y ait une grande abondance d'acide silicique : nous avons rencontré des pierres qui n'en contenaient pas 6 pour cent, et qui donnaient des cimens persistans ; mais ils avaient l'inconvénient de ne pouvoir être immergés qu'au bout de un ou deux jours. »

L'adhérence des cimens romains en fait une gangue fort énergique ; elle est très-notablement influencée par la qualité, la forme et la nature des aspérités des surfaces, et on l'augmente encore à l'aide des enchevêtrements.

Suivant M. B. D., les meilleurs stucs ne sau-

raient être comparés aux cimens romains, sous le rapport de la dureté; il en est qui deviennent plus durs que les pierres qui les ont produits.

« L'hydro-silicate de chaux très-dense peut approcher de la dureté des calcaires passablement durs; mais il faut pour cela qu'il soit traité convenablement: s'il n'est que saturé de chaux, ce qui est la condition la plus favorable, il importe qu'il n'en perde ni par l'eau, ni par l'acide carbonique; s'il est supersaturé, il est utile que ce dernier sature l'excès. C'est dans cette circonstance surtout que les cimens romains, employés à l'extérieur, résistent bien à toutes les intempéries de l'atmosphère.

« Les cimens romains peuvent, immédiatement après leur calcination, contenir encore de l'acide carbonique, et même plus de 5 pour cent; mais ils ne renferment plus d'eau. Dans ces cimens, il n'y a qu'une faible partie des principes électro-négatifs qui soit soluble dans les acides. » L'acide silicique y est en très-grande partie à cet état pulvérulent et non attaquant par les agents chimiques, qui cependant ne l'empêche pas de réagir très-énergiquement sur la chaux avec le concours de l'eau.

« Il est des cimens romains qui, après leur calcination, peuvent se conserver indéfiniment à l'air sans se décomposer. » Mais, s'ils sont exposés à l'humidité, ils ne se désagrègent pas, ils acquièrent seulement plus de dureté et de densité, et ils deviennent incapables de donner, par le broyage et le gâchage, un mortier passable.

M. B. D. a cherché à reconnaître les causes auxquelles les cimens romains doivent leur promptitude de prise et leur plasticité parfaite. Des mé-

langes en proportions diverses d'acide silicique, d'alumine et de pâte de chaux, n'ont jamais donné de prise plus prompte que 5 ou 6 heures. Mais il est évident que dans les cimens la chaux est vive et non à l'état d'hydrate. « En employant de la pâte de chaux et de l'acide silicique énergique, on peut obtenir la prise en quelques heures, mais, pour la faire naître en quelques minutes, c'est chose impossible sans la chaux vive. « Ainsi la principale différence qui existe entre les mortiers de ciment et les mortiers ordinaires, consiste donc en ce que, dans les premiers, la chaux est employée vive et avant son expansion, tandis que dans les secondes elle l'est après. »

M. B. D. considère « la calcination opérée sur les pierres ou sur les mélanges propres à donner du ciment romain, comme produisant un commencement de combinaison ou une tendance à la combinaison qui se maintient et se conserve indéfiniment, sans augmentation ni diminution, pourvu que la poudre soit maintenue sèche; mais cette tendance, qui peut demeurer long-temps sans effet, n'en est pas moins réelle, et son intensité varie dans nombre de circonstances. »

La préparation des cimens calcaires comme celle du plâtre, à laquelle elle ressemble sous tous les rapports, se compose de deux opérations distinctes : 1°. la calcination, qui doit être faite avec précaution sur une pierre à chaux choisie pour cet objet, ou bien sur un mélange en proportions convenables de carbonate et d'argile, ce qui établit la différence entre les cimens naturels et artificiels; 2°. la réduction en poudre de la matière calcinée. Ainsi l'une est chimique, et a pour but le développement ou la formation de l'acide

silicique et le dégagement de l'acide carbonique ; l'autre est mécanique et destinée à faciliter les réactions qui auront lieu entre les élémens du ciment lorsqu'on ajoutera de l'eau.

L'auteur ne donne pas les caractères auxquels on peut reconnaître les calcaires propres à donner du ciment romain ; il n'indique pas non plus les proportions d'argile et de pierre à chaux qui donnent les meilleurs cimens romains par leur calcination.

« Quelques constructeurs regardent comme possible de tirer parti de l'imparfaite cuisson des calcaires pour la formation du ciment romain ; ils considèrent même celui de Pouilli comme un exemple de ce procédé : nous avons fait de nombreuses tentatives dans cette vue, et elles nous ont convaincu qu'à un petit nombre d'exceptions près, dont on ne peut encore se rendre maître, il n'est aucun calcaire qu'on puisse songer à convertir en ciment romain par cette méthode. »

La pierre calcaire la plus dure est toujours la meilleure, celle qui donne le meilleur ciment ; en conséquence, la boue des routes calcaires, où cette

toutes les localités où l'on a de la pierre calcaire, de l'argile et du combustible. C'est d'après les résultats d'une longue pratique et d'une fabrication exécutée en grand, sous ses yeux, à Châlons-sur-Saône, qu'il a annoncé que l'on pouvait faire du ciment romain à moitié et même au quart du prix auquel revient actuellement le ciment de Pouilli.

Il est à regretter que l'auteur ne soit pas entré dans les détails de fabrication, qui auraient été nécessaires pour établir les prix de revient du ciment romain, dans diverses localités, et pour faciliter la création des fabriques pour un produit si utile aux arts. Mais il nous était impossible d'y suppléer.

A. G.

MÉMOIRE

Sur l'exploitation des mines des comtés de Cornwall et de Devon.

PAR M. COMBES, ingénieur des Mines.

Introduction.

Nous renverrons pour la description géognostique de la contrée, et les principales circonstances du gisement des filons métalliques exploités dans les comtés de Cornwall et de Devon, au mémoire de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, inséré dans les *Annales des Mines*, tome IX, page 827, aux nombreux écrits publiés dans divers recueils scientifiques anglais, et à l'ouvrage étendu de M. le D. Boase de Penzance.

Le but de ce mémoire étant de faire connaître, dans ses diverses branches, l'exploitation telle Division de ce mémoire. qu'elle est pratiquée aujourd'hui dans les riches mines de ce pays, nous le diviserons en trois parties. La première sera consacrée à l'exposition des méthodes suivies par les exploitans (*adventurers*) dans la recherche de nouveaux filons; la poursuite de filons connus et exploités, dans des parties encore inexplorées; la reprise d'anciennes mines abandonnées. Dans la seconde, nous ferons connaître la partie administrative et commerciale ou *partie économique*. La troisième aura pour but l'exposition détaillée des procédés d'exploitation, d'épuisement, etc., ce sera la *partie technique*.

Avant d'entrer en ~~matière~~, nous sentons le besoin de témoigner notre reconnaissance à M. John Taylor, qui a bien voulu nous introduire dans les beaux établissemens qu'il administre avec un succès si remarquable, à MM. Carne et Boase de Penzance, et Robert Fox de Falmouth, qui nous ont aidé de leurs ~~conseils~~, de leurs communications obligeantes, auxquelles un accueil aimable et cordial donnait un nouveau prix; enfin, à MM. les capitaines et agens des mines que nous avons visitées. La complaisance de ces derniers pour nous a été sans limites, ainsi que la libéralité avec laquelle ils nous ont fourni les documens qui nous étaient nécessaires. Nous ne pouvons assez dire à quel point nous leur sommes redevables.

§ I^r. PREMIÈRE PARTIE.

enneté des
loitations
e cuivre
d'étain.

1. La découverte et l'exploitation des minerais d'étain dans le Cornwall remonte à une époque excessivement reculée, tandis que celle des minerais de cuivre est assez récente. (*Mémoires de M. J. Carne et John Hawkins, insérés dans les Transactions de la société géologique de Cornwall, vol. III. Voyez aussi l'extrait de l'ouvrage de Pryce, Mineralogia Cornubiensis, Journal des Mines, tome I.*)

Les minerais d'étain d'alluvion furent sans doute découverts les premiers : les affleuremens des filons, remarquables par une grande quantité de fer oxidé brun, mêlé de quartz, auquel les mineurs du Cornwall donnent le nom de « *gossan* », furent vraisemblablement ensuite l'objet de recherches qui firent reconnaître l'existence de l'oxide

d'étain en filons; car ce minerai s'est trouvé quelquefois tout-à-fait à la surface. Il paraît que, dans plusieurs localités, le *gossan* a été bocardé pour en retirer l'oxide d'étain qui y était disséminé. Aujourd'hui cette matière est généralement trop pauvre pour que cette opération puisse être pratiquée avec avantage. On a repris, il y a deux ans, la mine d'étain de Charlestown, sur un filon qui avait été autrefois exploité sur les affleuremens jusqu'à une profondeur d'environ trente fathoms : on voit encore les anciennes excavations qui sont très-considérables, et dont une des parois est le mélange de fer oxidé brun et de quartz, appelé *gossan*, de sorte que la partie du filon, riche en étain, devait lui être contiguë.

Le *gossan* arrive jusqu'au niveau des anciens travaux. Là l'oxide de fer est plus rare qu'à la surface et disséminé en veinules dans le filon. Un peu plus bas il disparaît tout-à-fait, et les travaux neufs ont prouvé qu'il était remplacé par de l'oxide d'étain non mélangé de pyrites, qui, après avoir été lavé sans grillage préalable, peut être rendu comme le minerai d'alluvion *graintin*. Cette exploitation d'étain, située tout près de Saint-Austle, promet de devenir une des plus importantes de la contrée. (Nous devons ces renseignemens à M. le capitaine Barratt.)

2. Les minerais de cuivre, au contraire, n'ont été trouvés, près de la surface dans les affleuremens des filons, que dans très-peu de cas et toujours en quantité peu considérable : c'est sans doute l'exploitation des filons, comme mines d'étain, qui a conduit dans le principe à la découverte des minerais de cuivre qui se trouvent fréquemment dans le même filon à une plus grande

profondeur, et qui deviennent à leur tour plus abondans que l'étain. Quoi qu'il en soit, il paraît que ce n'est que vers la fin du 17^e. siècle que les filons du Cornwall commencèrent à être exploités comme mines de cuivre, et leur produit fut moyennement de six mille tonnes de minerai par an, de 1726 à 1735, d'après Pryce, cité par M. Carne (vol. III des *Transactions de la société géologiques de Cornwall*). Long-temps après cette époque, le riche minerai de cuivre oxidé noir (*black coperore*), était abandonné ou rejeté comme inutile par les mineurs. Il en était encore ainsi à la mine de Huel Jewel, il n'y a pas plus de cinquante ans. (*Id., ibid.*)

Méthode
générale de
recherches.

3. Aujourd'hui le mode général de recherche pour de nouveaux filons consiste à pousser des bouts de galerie à travers bancs, à droite et à gauche d'un filon déjà exploité. Ordinairement un filon principal n'est pas isolé; non-seulement des filons plus petits, après avoir couru sur une distance plus ou moins grande dans des directions parallèles, viennent se brancher sur lui; mais encore il existe souvent d'un ou des deux côtés des filons latéraux séparés, *side lodes*. Leur existence est quelquefois connue par des affleuremens ou d'anciens travaux; mais, qu'il en soit ainsi ou non, on pousse généralement des galeries de recherche au nord et au sud d'un filon dont la direction est de l'est à l'ouest. On a ainsi découvert plusieurs veines parallèles dont la richesse a fourni aux exploitans un ample dédommagement de leurs premières dépenses.

4. Une veine reconnue et exploitée est fréquemment coupée et rejetée par un filon croiseur *cross course*, *fluckan course*, *slide*. (*Voir le mémoire*

déjà cité de M. M. Dufrenoy et Elie de Beaumont). Le filon rejeté l'est généralement du côté de l'angle obtus, comme cela a lieu en Saxe et dans presque tous les pays à filons.

Les difficultés graves que ce genre d'accidents présentait autrefois aux mineurs, n'existent plus aujourd'hui, grâce aux notions fournies par le grand nombre d'exploitations ouvertes. Si le mineur n'est pas éclairé par quelque circonstance particulière au cas qui se présente, les précédens analogues, qu'il trouve dans les mines du voisinage, suffisent pour le diriger avec assez de précision dans ses recherches.

M. Robert Fox, dans un mémoire sur l'électromagnétisme des filons, lu à la société royale en juin 1830, rapporte un cas de croisement de filons observé à Dolcoath par le capitaine Petherick, qui présenterait une circonstance bien singulière et tout-à-fait inusitée. Il existe dans cette mine deux filons de cuivre, appelés *Caunterlode* et *Harrietslode*. Celui-ci est coupé par le premier à différens niveaux, tandis qu'il coupe à son tour et rejette le *Caunterlode* à une profondeur plus considérable. M. Fox cite ce fait comme inconciliable avec le principe fondamental de la théorie des filons de Werner. Malgré le degré de confiance que mérite l'assertion d'un savant aussi distingué, nous avouons qu'un exemple unique ne nous paraît pas pouvoir être opposé à une multitude d'observations contraires qui abondent en Cornwall aussi bien que dans les autres pays de mines. Nous sommes donc portés à croire qu'il y a ici une erreur d'observations, qui a pu être commise d'autant plus facilement, que les deux filons sont de même nature (*copperlodes*), et que dans les

niveaux supérieurs, le *Harrietslode* n'est pas rejeté par le *Caunterlode*. On avait aussi opposé à la théorie de Werner la non continuité des filons de plomb du Derbyshire à travers le *Toadstone*, tandis qu'il paraît bien positif, d'après les communications faites par M. John Taylor à la dernière réunion de l'association britannique, que les filons se continuent toujours dans cette roche et qu'ils y deviennent seulement stériles, ce qui avait fait croire qu'ils étaient interrompus. (Voyez le *mémoire sur les mines de plomb du Cumberland et du Derbyshire. Annales des Mines*, tome XII, page 339.)

5. Les variations fréquentes de richesse dans un même filon, et notre ignorance sur les causes qui les produisent ou les accompagnent, constituent peut-être la difficulté la plus grave qui se présente dans l'exploitation des mines. L'idée naturelle qu'un filon qui a été productif sur une certaine étendue, le sera encore sur d'autres points, a fait quelquefois dépenser des sommes énormes en recherches inutiles.

M. Carne (*on some improvements on mining*,

frent d'heureux exemples de découvertes faites par des galeries transversales poussées des deux côtés du filon principal sur des filons parallèles inconnus, ou du moins inexploités par les mineurs des époques antérieures.

6. On a reconnu depuis long-temps l'influence du changement de nature de la roche encaissante sur la richesse des filons ; ainsi, généralement, les filons productifs dans le killas deviennent stériles dans le granite, et réciproquement : on connaît beaucoup d'exemples de filons très-productifs et très-riches dans le killas, tandis que dans d'autres cas, à la mine de Herland, par exemple, les filons productifs dans le killas deviennent stériles dans l'Elvan. La masse même des filons change avec la roche encaissante, et l'on remarque que leurs parties constituantes, quoique distinctes par leurs caractères de celles des parois, sont généralement en partie de même nature que celles-ci.

7. Le fait précédent, cité par M. Robert Fox, dans son mémoire sur les propriétés électro-magnétiques des filons, comme contraire aux théories admises sur l'origine des filons, nous paraît cependant un des plus favorables à celle de Werner. En effet, les fissures ou fentes ont dû primitivement se remplir des débris de la roche, et ce sont même ces débris qui ont empêché le rapprochement immédiat des parois. Ces fragmens, mouillés par les liquides découlant des masses de rochers ou injectés à différens niveaux qui ont achevé de remplir les cavités, ont été altérés plus ou moins profondément par l'effet des réactions électro-chimiques que les belles expériences de M. Becquerel ont reproduit dans nos labora-

toires. Les fragmens les plus gros et les plus durs sont seuls restés intacts et conservent encore aujourd'hui tous les caractères qui les font reconnaître comme provenans de la roche encaissante. Les autres, remplis de cristaux qui ont pénétré dans leurs moindres cavités par les effets de la capillarité, ne sont plus reconnaissables comme fragmens, et conservent encore, avec la roche encaissante, une ressemblance générale et une analogie incomplète dans la nature des principes constituans. Des phénomènes analogues se passent encore aujourd'hui dans le sein de la terre. Ainsi, en pénétrant dans les anciens travaux du filon de Saint-Jacques à Sainte-Marie-aux-Mines, nous trouvâmes, M. Voltz et moi, les débris de roches abandonnés dans la mine couverts et pénétrés d'arséniate de chaux en belles aiguilles blanches. Cet arséniate provenait de la réaction de l'arsenic natif et des pyrites arsenicales sur le carbonate de chaux, favorisée par l'humidité de l'air et peut-être par l'état uniforme de la température. Les fragmens ainsi recouverts étaient profondément altérés; de durs ils étaient devenus tendres et friables. La couleur n'était plus et ne pouvait plus être la même que quand ils étaient en place. Les fragmens de quartz même avaient été altérés; enfin ils ne conservaient plus qu'une analogie très-incomplète avec les roches de même nature encore en place dans le voisinage.

8. L'enrichissement ou l'appauvrissement des filons en Cornwall paraît suivre aussi bien une simple modification dans la roche encaissante qu'un changement complet dans la nature de cette roche. Ainsi, d'après M. Carne, quand la

roche devient plus dure ou plus tendre, plus schisteuse ou plus compacte, quand les bancs changent de direction ou simplement de couleur, les filons deviennent plus étroits ou plus puissans, plus durs ou plus tendres, la nature de leurs parties constituantes varie; enfin, un changement de richesse accompagne ordinairement les autres modifications énoncées. Dans une partie de la paroisse de Gwennap, il existe un banc de killas rougeâtre dont l'inclinaison est très-considérable. Les filons de cuivre traversent régulièrement ce banc, et y sont constamment improductifs : ils reprennent leur richesse en entrant dans le killas ordinaire : on a trouvé de l'étain dans le banc dont nous parlons, mais non en grande quantité. A Godolphin, les filons étaient riches dans le killas bleu clair et pauvres dans celui de couleur foncée. A Poldice et Huel Fortune, les filons perdent leur richesse dans un banc de killas dur de couleur bleue. A Huel Squire, les filons de cuivre étaient très-riches dans le killas tendre d'une couleur bleu clair; mais un banc de killas dur de couleur foncée est traversé par l'un des filons à 44 fathoms, et par l'autre à 120 fathoms de profondeur. Tous deux se sont appauvris dans ce banc. A la mine de Peustruthal, les recherches sur les filons improductives dans le granite dur ont été couronnées de succès dans le granite tendre, et cette mine était, en 1824, la plus productive du pays. En général, la pyrite de cuivre est plus abondante dans le killas d'un bleu clair et tendre. Dans celui qui est dur et d'une couleur foncée, la pyrite de fer domine. Les filons, soit de cuivre, soit d'étain, s'appauvrissent aussi généralement quand le kil-

l'ouest, la direction du courant électro-magnétique était plus ordinairement de l'est à l'ouest quand le filon plongeait vers le nord, et de l'ouest à l'est quand il plongeait vers le sud. Cette différence, dans le sens de la direction des courants, paraît remarquable lorsqu'on la rapproche de cette autre circonstance fréquemment observée, savoir que lorsque deux filons métallifères viennent à se couper, les environs du point de croisement sont riches en minerai ou en sont dépourvus, suivant que les deux filons qui se coupent ont une inclinaison commune vers le nord ou le sud, ou bien qu'ils sont inclinés diversement l'un vers le nord, l'autre vers le sud.

2°. Dans un même filon, le courant s'établit généralement des stations plus élevées vers celles qui sont à un niveau plus bas. Le contraire a lieu, c'est-à-dire que le courant se dirige de bas en haut, lorsqu'un croiseur de quartz ou d'argile interrompt la continuité du filon entre les deux stations. M. Fox explique cette dernière anomalie à la règle générale, en observant qu'il est possible qu'il y ait accumulation des deux électrici-

respectivement en communication avec les deux extrémités opposées du fil du galvanomètre au moyen de fils de cuivre tendus dans les puits ou galeries. Ces fils avaient $\frac{1}{2}$ de pouce de diamètre, et furent d'abord enduits par M. Fox avec de la cire à cacheter. Plus tard cette précaution fut reconnue inutile. Le contact des disques de cuivre avec le minerai était maintenu par des clous de cuivre ou par des étançons mis en travers de la galerie. Dans quelques cas, la longueur des fils employés pour réunir les disques au galvanomètre fut de plus de 300 fathoms.

Les effets sur l'aiguille du galvanomètre furent très-différens suivant les circonstances. Il n'y avait point d'action sensible sur elle lorsque les deux disques étaient placés sur une même ligne horizontale à une petite distance l'un de l'autre, et que le minerai formait entre les deux stations une ligne non interrompue par des substances non conductrices ou par les travaux de la mine. Mais lorsque, dans les mêmes circonstances, un filon croiseur de quartz ou d'argile interrompait la continuité du minerai entre les deux disques, l'aiguille était en général fortement déviée.

La déviation était la plus grande lorsque les disques étaient placés dans le même filon à des niveaux différens, ou dans des filons différens au même niveau ou autrement. Des filons presque stériles qui n'exerçaient aucune action sur l'aiguille aimantée, pris isolément, la déviaient, quoique faiblement, quand ils étaient réunis par les fils de cuivre.

Voici les résultats généraux indiqués par l'auteur :

1°. Dans un même filon dirigé de l'est à

une profondeur d'environ 20 fathoms. Les plaques de cuivre étant placées à une distance de 10 fathoms l'une de l'autre, l'aiguille fut déviée de 17° ; le courant était aussi dirigé de l'ouest à l'est. La station la plus orientale ayant été réunie à un autre point situé 28 fathoms plus à l'est, la première devint positive par rapport à la seconde, l'aiguille étant déviée d'environ 3 degrés.

Le riche filon de plomb de South-Mold, en Flintshire, est contenu dans un calcaire à couches horizontales; sa direction est du Nord-Ouest au Sud-Est, son inclinaison d'environ 40° vers le Nord-Est. M. Fox choisit, pour son expérience, deux parties du filon très-riches en minerai et séparées l'une de l'autre par un filon croiseur. Néanmoins il n'obtint aucun indice de courant électrique. Il obtint un résultat également négatif à la mine de Miller, soit qu'il réunît des points pris sur deux filons parallèles séparés par une distance de 15 fathoms, soit qu'il réunît deux points d'un même filon. La mine de plomb de Miller est la plus riche du pays de Galles. M. Fox remarque que dans des mines du comté de Cornwall, d'une richesse égale à celle du Flintshire, soit en minerai de cuivre soit en minerai de plomb, l'aiguille du galvanomètre était considérablement déviée. Cette différence dans les résultats dépendrait-elle de la nature de la roche encaissante? C'est ce qu'il n'ose encore décider. Il croit que, dans le Flintshire, les filons ne sont productifs que dans un ou deux lits de calcaire à peu près horizontaux.

M. Henwood a fait dans les filons de cuivre de Wheal-Friendship, et de plomb de Wheal-Betsey, situés près de Tavistock en Devonshire, des

expériences pour rechercher l'existence des courans électro-magnétiques. Dans le filon de Wheal-Friendship, dirigé de l'Est à l'Ouest, et inclinant de 40° vers le Nord, il a obtenu des résultats très-marqués, le courant étant de l'Est à l'Ouest. Dans le filon de plomb de Huel-Betsey, dirigé du Nord-Ouest au Sud-Est, et incliné vers le Sud-Ouest, l'aiguille n'a point été déviée, vraisemblablement parce que le minerai de plomb qui était contenu entre les deux stations était un conducteur à peu près aussi bon de l'électricité que les fils de cuivre.

Des expériences semblables ont été faites par le capitaine Pétherick, à la mine de cuivre de Connorée, dans le comté de Wicklow, en Irlande. Il paraît qu'ici les veines de minerai seraient interstratifiées avec les couches de schiste argileux qui les renferment. Les minerais sont principalement du cuivre gris (gray copper ore) avec quelques pyrites de fer et une petite quantité de pyrite de cuivre. Le galvanomètre a indiqué l'existence d'un courant dirigé de l'Est à l'Ouest. (*Philosophical Magazine*, july 1833.)

Le même numéro de ce recueil contient aussi une expérience faite par M. John Bennets, à la mine de Huel-Vyvian, près Helston, en Cornwall. Le galvanomètre indiqua, comme dans les expériences de M. Fox, que les parties inférieures étaient négatives par rapport aux parties supérieures du filon.

M. A. de Strombeck a cherché à constater l'existence des courans électro-magnétiques signalés par M. Fox dans les mines de plomb de Werlau et de Holzappel. Les détails des expériences dont il avait été chargé par le conseil supérieur des

Expériences
faites à We
et Holzappel

mines de Bonn sont consignés dans le journal de M. Karsten, *Archiv für Mineralogie, Bergbau und Hüttenkunde*, vol. 6, an 1833, p. 431. Elles ont été faites sur un même filon de plomb, l'un des plus considérables que l'on connaisse, puisqu'il s'étend depuis Peterswald, près de Zell sur la Moselle, jusqu'à Obernhofen et Holzappel sur la Lahn. Les mines de Werlau, près de Saint-Goar, sont sur ce filon comme celles de Holzappel.

M. de Strombeck a pris beaucoup de précautions pour éviter l'action des liquides qui mouillent les parois des galeries; il a soutenu les fils conducteurs dans leur trajet, en les faisant passer dans des tubes en verre posés sur des appuis placés de distance en distance, afin qu'ils ne fussent en aucun point du trajet mouillés par ces liquides. Pour établir le contact entre les extrémités de ces fils et la roche, il a fait percer dans celle-ci des trous de fleuret de 2 à 3 pouces de profondeur dans un endroit bien sec, et, après les avoir parfaitement nettoyés, il les a fermés par un bouchon de liège, à travers lequel il a fait passer le fil qu'il a enfoncé dans le trou, sur une longueur telle qu'il se repliât de 15 à 50 fois sur lui-même. Enfin la communication entre les deux fils conducteurs, mis en contact avec les parois et le fil enveloppé de soie, enroulé 50 fois autour de la boîte du galvanomètre, était établie en plongeant à la fois la seconde extrémité du fil mis en contact avec la roche et le bout du fil du galvanomètre dans une capsule en verre contenant du mercure. Une capsule semblable était fixée, à cet effet, de chaque côté de la boîte du galvanomètre. Les résultats des expériences de M. de Strombeck

ont été constamment négatifs, et l'aiguille du galvanomètre est restée stationnaire, quoique, dans certains cas, les parties du filon contre lesquelles les extrémités des deux fils conducteurs étaient appliquées fussent séparées par des filons croiseurs stériles, et que la distance verticale de ces deux points fût de 14 toises (*lachers*).

Il nous paraît fort désirable que des expériences analogues soient faites sur plusieurs points, et même qu'elles soient répétées dans les lieux où elles ont été faites pour la première fois, pour que l'existence du phénomène signalé soit mise hors de doute. Ce serait un objet du plus haut intérêt, non-seulement pour la science, mais même pour la pratique de l'art des mines.

§ II. PARTIE ÉCONOMIQUE.

10. La propriété souterraine n'étant pas généralement distincte en Angleterre de celle de la surface (1), les mines sont exploitées par une seule personne ou plusieurs réunies en société, qui passent un acte avec le propriétaire du sol. Dans le vocabulaire du pays, celui-ci est appelé *lord*, ceux qui contractent avec lui sont appelés *adventurers*, dénomination justifiée par les risques auxquels

(1) Quelques mines d'étain sont l'objet de concessions anciennes appelées *bounds*; mais les mines de plomb et de cuivre qui peuvent être renfermées dans l'enclave des terrains concédés (*embounded*) appartiennent, comme partout ailleurs, au propriétaire du sol. (Voyez l'extrait d'ouvrages étrangers, *Journal des Mines*, t. I, p. 124 et 125.)

ils s'exposent. L'acte par lequel sont liées les deux parties contractantes est appelé *set*.

Le lord consent un bail ou *set* pour une durée de vingt-et-un ans, se réservant la faculté de le résilier dans le cas où la mine ne serait pas exploitée. Le même acte stipule en sa faveur une portion déterminée du produit en minerai qui doit lui être livré en nature, prêt à être vendu (*in a merchantable state*), ou remplacé par une somme d'argent équivalente à sa valeur : il contient l'énonciation du droit qu'il a d'inspecter les travaux en tout temps, et oblige l'autre partie (les *adventurers*) à entretenir et laisser à la fin de leur bail, en parfait état, les puits, galeries d'écoulement, *adits*, et galeries horizontales, *levels*.

11. Les droits du lord, *lord's dues*, varient beaucoup avec les circonstances. Dans les anciennes mines profondes, et qui ne peuvent être continuées ou reprises qu'avec de très-grandes dépenses, ils n'excèdent guères $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{10}$ du produit brut, et ils ne sont quelquefois que de $\frac{1}{24}$ ou $\frac{1}{32}$. Dans les mines nouvelles ils s'élèvent souvent à $\frac{1}{10}$ ou $\frac{1}{12}$, et dans quelques localités à $\frac{1}{8}$ du produit. Au reste, cette

ne court d'autre risque que celui de voir endommager un ou deux acres de sa terre, tandis qu'il retire souvent un revenu considérable d'entreprises où les exploitans perdent beaucoup d'argent, ne sont point équitables et tendent à détourner les capitalistes d'engager leurs fonds dans des mines qui exigeraient des dépenses considérables sans aucun rendement immédiat.

La prospérité des mines *riches* (celles qui sont pauvres ne sont pas et ne peuvent pas être exploitées), malgré les inconvéniens d'un semblable système, tient à une administration économique, et surtout pleine d'intelligence et de lumières, au bon marché des machines nécessaires pour l'épuisement des eaux, l'extraction des minerais, etc., au développement général du commerce et de l'industrie, qui facilite à un si haut degré les achats, les ventes, les rentrées de capitaux et les transactions de toute espèce.

12. Les personnes qui contractent avec le lord, après s'être réservé la part qu'elles désirent, partagent le reste à ceux de leurs amis qui désirent se joindre à eux. L'entreprise est ordinairement divisée en soixante-quatre parts, dont plusieurs sont possédées par le même individu.

Les dépenses sont additionnées à la fin de périodes déterminées, dont la durée excède rarement un trimestre, et est le plus ordinairement fixée à deux mois. Alors les actionnaires se réunissent en assemblée générale pour examiner les comptes, et chacun d'eux fournit la somme à sa charge en temps utile pour le jour du paiement, qui est régulièrement peu éloigné de celui de la réunion.

Quand la mine donne des produits, les comptes

sont clos aux mêmes périodes, et les profits partagés entre les actionnaires de la même manière. Une balance, destinée à faire face à des avances aux ouvriers et autres circonstances éventuelles, est ordinairement laissée entre les mains du caissier ou régisseur.

13. L'administration générale est souvent déléguée à une seule personne, qui a le contrôle et la gestion supérieure (*super intendant*) de toutes les affaires de la mine. Le plus communément cette personne est un des associés qui, faisant de l'administration des mines sa profession spéciale, et en ayant en général plusieurs sous son inspection, a une aptitude particulière pour des fonctions aussi importantes. Dans quelques entreprises la gestion est divisée. La partie financière est confiée à un caissier (*purser*), et la conduite de tous les travaux au principal capitaine agissant sous la direction de l'assemblée des actionnaires (*adventurers*).

Les agens qui surveillent et font exécuter les travaux sont appelés capitaines (*captains*) : ce sont des mineurs de profession qui, par leur caractère et leur capacité, se sont souvent élevés de situations inférieures à des postes d'une grande importance et responsabilité. Cette classe d'hommes respectables a beaucoup contribué aux perfectionnemens du système d'exploitation actuellement suivi, dont les résultats brillans sont encore dus, pour la plus grande partie, à leurs connaissances et à leur activité.

Dans une grande mine, la gestion et la surveillance sont exercées par les officiers ci-après :

1°. Un capitaine en chef ou régisseur (*manager*) qui a l'inspection et la direction générale des travaux du fond et de la surface.

2°. Plusieurs capitaines du fond (underground captains). Ils viennent à tour de rôle les travaux souterrains, assistent le capitaine principal dans l'évaluation des travaux qui doivent être donnés à l'entreprise, veillent à l'exécution ponctuelle des contrats. Ils savent généralement assez de mécanique pratique pour être en état de diriger, dans les cas ordinaires, l'établissement ou la réparation de la plupart des machines employées.

3°. Le caissier et teneur de livres (purser and book keeper).

4°. L'ingénieur (engineer) qui a soin des machines. (Il est souvent employé dans plusieurs mines différentes.)

5°. Le *pitman* chargé de l'entretien des pompes placées dans les puits et en général des machines souterraines.

6°. Un boiseur en chef (timberman) qui est chargé de veiller à la pose et à l'entretien des planchers et des échelles dans les puits, ainsi que du boisage des excavations souterraines.

7°. Un capitaine de la surface (grass captain) chargé de la préparation mécanique des minerais extraits pour les rendre propres à la vente.

8°. Le charpentier en chef.

9°. Le forger en chef.

Ces deux derniers sont souvent employés à l'entreprise.

10°. Le garde-magasin (materials-man) qui tient compte de la rentrée et de la sortie des matériaux employés dans les mines.

11°. Le cordier (roper) qui est chargé des câbles et cordages de toute espèce.

14. Le mode de payement des ouvriers mérite surtout de fixer l'attention, d'abord parce qu'il

simplifie l'opération générale et rend plus immédiatement évidents les profits ou les pertes et leurs causes, ensuite parce qu'il tend, en associant pour ainsi dire les ouvriers à une partie de ces profits ou pertes, à développer leurs facultés et à les utiliser dans l'intérêt de l'établissement.

Le travail à la journée est très-limité, et l'on n'y a recours que pour l'exécution d'ouvrages qui admettraient très-difficilement une évaluation préalable, ou qui sont trop peu importants pour être l'objet d'un contrat ou marché, de sorte que, dans un grand établissement de mines bien conduit, les dépenses en journées d'ouvriers ne sont qu'une très-faible partie de la dépense totale.

Il y a trois genres de travaux qui sont l'objet d'un contrat avec les ouvriers :

1°. Le fonçement de puits, l'exécution de galeries à travers bancs ou dans le filon, et surtout la division du filon en massifs rectangulaires, ce que l'on appelle ouvrir le fond (*open the ground*). Ce genre d'ouvrage, qui est payé à raison de tant par fathom courant ou fathom cube, est appelé *tutwork*.

2°. L'exploitation des massifs dans lesquels le filon a été divisé, comprenant toujours le transport souterrain et l'extraction au jour du minerai, et le plus souvent la préparation mécanique du minerai extrait pour le rendre propre à la vente, ce genre d'ouvrage est exécuté par plusieurs ouvriers associés que l'on nomme *tributors*, qui reçoivent pour salaire une fraction convenue de la valeur du minerai extrait et vendu. Cette fraction de la valeur du minerai est appelée *tribut*.

3°. La préparation mécanique, lavage et nettoyage des minerais appelé *dressing*.

Les minerais extraits par les *tributors* devant être nettoyés par eux et rendus vendables, les marchés particuliers que l'on passe pour la préparation mécanique s'appliquent seulement à des déchets abandonnés par les *tributors*, et qui sont ensuite repris pour le compte de la compagnie. Ces déchets, composés principalement de minerai à bocard très-pauvre et des derniers sables provenant du débourbage ou du lavage qui se réunissent dans des bassins généraux, sont nettoyés aussi, moyennant une fraction convenue de la valeur du minerai rendu vendable, fraction qui est ordinairement supérieure au tribut payé aux mineurs.

15. Les divers genres de travaux énumérés ci-dessus sont donnés au rabais dans une sorte d'enchère, nommée *setting*, qui a lieu à la fin de tous les deux mois ; quelques jours avant, le *setting* les capitaines mesurent l'avancement des ouvrages exécutés en *tutwork* dans les puits, galeries, etc., déterminent les massifs à exploiter moyennant un tribut, et les tas de minerai pauvre à nettoyer. Ils estiment aussi approximativement que possible la valeur de chaque genre d'ouvrage, et font du tout une liste dans laquelle chaque travail à faire est clairement désigné avec leurs observations à côté. C'est de cette liste que se servira le *régisseur* ou capitaine en chef dans le prochain *setting*.

Au jour indiqué, vers midi, les ouvriers se réunissent en nombre considérable au lieu de l'enchère publique, à laquelle sont admis, non-seulement les ouvriers qui ont travaillé à la mine

dans la période précédente, mais encore tous ceux qui ont besoin d'ouvrage et qui attendent ces occasions pour s'en procurer.

On commence d'abord par donner lecture du règlement général contenant les règles auxquelles sont soumis les divers marchés, et les punitions imposées en cas de fraude, de négligence ou d'inexécution du travail entrepris.

Après cela, le capitaine régisseur commence ordinairement par le *tutwork*, et met au rabais un puits ou une galerie, en indiquant le nombre d'hommes nécessaire, et souvent restreignant l'entreprise à une certaine profondeur ou longueur. Le transport souterrain et l'extraction au jour des déblais sont toujours compris dans le marché. Les ouvriers commencent alors à miser, et habituellement ceux qui exécutaient le travail dans la période précédente, sont les premiers à le faire mais à un prix très-élevé, moins dans l'espoir d'influencer les agens que dans celui de détourner d'autres ouvriers d'entrer en concurrence avec eux. D'autres misent à des prix de plus en plus bas, jusqu'à ce qu'aucun rabais ultérieur n'étant offert, le capitaine régisseur jette en l'air une petite pierre et nomme le dernier miseur. Toutefois, il arrive rarement que l'offre des ouvriers soit aussi basse que l'estimation des capitaines. Alors le régisseur offre au dernier miseur de prendre l'ouvrage à un prix qu'il indique immédiatement comme étant son *maximum*. S'il refuse, l'offre est aussitôt faite à ses compétiteurs dans l'ordre des mises les plus basses.

Cette manière de procéder, en réservant aux capitaines le droit de retirer l'ouvrage mis au rabais, en cas de coalition entre les ouvriers, paraît

d'abord avoir cet inconvénient que les mineurs n'offrent pas tout de suite le prix le plus bas; mais aussi ils refusent rarement d'accepter les conditions offertes par le capitaine, quand ils les croient raisonnables, sans quoi elles seraient aussitôt acceptées par leurs concurrens.

Les parties de minerai à exploiter moyennant un tribut sont ensuite mises au rabais de la même manière. Le massif est clairement désigné et ordinairement limité par des galeries qui se croisent; le nombre d'hommes qui doivent y travailler est aussi fixé. Les mises au rabais et l'offre du capitaine sont faites à *tant dans la livre sterling*, c'est-à-dire *tant de shillings dans vingt* de la valeur du minerai extrait et vendu. Le *quantum* du tribut varie beaucoup suivant la richesse du massif à exploiter, les frais d'extraction au jour, de préparation mécanique, le prix courant du minerai, etc. Il est quelquefois de 3 pence, et d'autres fois de 14 ou 15 shillings dans la livre, c'est-à-dire que l'ouvrier reçoit à titre de salaire de $\frac{1}{10}$ à $\frac{14}{100}$ ou $\frac{15}{100}$ de la valeur du minerai extrait et vendu, suivant les circonstances.

Les tas de minerai pauvre à nettoyer sont ensuite désignés, et l'on mise de la même manière.

Chaque contrat ou marché est conclu par un seul qu'on appelle le *preneur* et qui s'associe le nombre d'hommes voulu.

Le foncement d'un puits emploie de 4 à 12 hommes, suivant les cas; l'avancement d'une galerie horizontale de 2 à 6 hommes.

Les massifs de minerai à exploiter occupent de 2 à 6 hommes.

Enfin le preneur d'une partie de minerai à

nettoyer emploie un certain nombre de femmes et d'enfans.

16. Un compte est ouvert dans les bureaux à chaque preneur ou chef de compagnie. Il est débité de la valeur des outils que lui délivre le forger, des frais d'entretien de ces outils pendant la durée de son marché, des chandelles, de la poudre et autres articles usés par lui et ses associés, des frais d'extraction des déblais au jour quand il travaille en *tutwork*, des frais d'extraction et des salaires de ceux employés à nettoyer les minerais quand il est *tributor*, d'avances en argent qui lui sont faites, s'il en a besoin. Le même compte est crédité, pour l'homme qui travaille en *tutwork*, *tutworkmen*, du montant de l'ouvrage fait et mesuré, et de la valeur des outils et autres articles rendus par lui. La balance est soldée au preneur le jour du paiement, qui est généralement une quinzaine après la fin des contrats.

17. Quant aux *tributors*, le crédit de leur compte ne peut être fermé que lorsque leurs minerais sont vendus et livrés aux compagnies qui les achètent de la mine pour les fondre (*smelting companies*).

Dans les mines de cuivre, la parcelle de minéral de chaque tributor est pesée, dès qu'elle est prête, par un des capitaines et portée au tas général appelé la part publique (*public parcel*). Mais auparavant on prend trois échantillons de minéral renfermés dans des sacs de toile bien cachetés. Un d'eux est remis à l'essayeur de la mine pour déterminer sa teneur en cuivre; l'ouvrier en prend un second pour le faire essayer s'il le désire : un troisième reste déposé dans les

bureaux pour servir à un nouvel essai en cas de contestation. On fait alors, d'après l'essai, un premier calcul de la valeur de chaque parcelle. A cet effet, il suffit de déduire de la valeur du cuivre métallique qu'elle contient, et qui est connue par l'essai, les frais de fonte et de transport aux fonderies, qui sont évalués à 2^{liv.} 15^{sh.} par tonne de minerai.

Supposons, par exemple, que l'essai ait indiqué dans le minerai une teneur en cuivre de 9 p. 100, et que le prix courant actuel du cuivre métallique sur le marché soit de 110^{liv.} la tonne, on dira : le cuivre contenu dans une tonne de minerai vaut $\frac{9}{100}$ de. 110^{liv.} ou 9^{liv.} 18^{sh.}

Les frais à déduire sont de. 2^{liv.} 15^{sh.}

Reste pour la valeur nette d'une tonne de minerai. 7^{liv.} 3^{sh.}

En multipliant les prix ainsi obtenus par le nombre de tonnes contenues dans chaque parcelle, on aura les prix *fictifs* de chaque parcelle dont la somme sera le prix *fictif* du tas général. Mais lorsque celui-ci est vendu à une compagnie, il arrive ordinairement que le prix réel de la vente diffère du prix fictif, et, dans ce cas, la différence en plus ou en moins est répartie entre toutes les parcelles qui composent le tas général proportionnellement au montant de chacune d'elles. Cette part de différence est alors portée au crédit ou au débit des divers *tributors* dont le compte est balancé et soldé.

18. Il est presque inutile de faire remarquer les avantages nombreux qui découlent évidemment du système adopté dans les mines du Cornwall et du Devon, système que M. John Taylor a maintenant introduit dans les mines de

plomb du Flintshire, celles de Skipton en Yorkshire et quelques mines de cuivre du Cumberland. D'abord les intérêts du maître et de l'ouvrier *tributor* se confondent complètement après la conclusion du contrat. L'adresse, l'habileté, les petites découvertes de minerai dans des veines latérales, profitent également à l'un et à l'autre. Celui-ci est en quelque sorte associé aux bénéfices de l'entreprise; toutes ses facultés sont tendues vers des économies de temps, de main-d'œuvre ou de matériel, des améliorations de détail que lui seul peut imaginer et mettre en pratique, des découvertes de minerai qui peuvent augmenter son salaire dans une très-grande proportion; il est surtout intéressé à éviter le gaspillage du matériel qui retomberait entièrement à sa charge. Sous tous ces rapports, le moral de l'ouvrier est amélioré. Il ne gagnerait rien à être malhonnête homme.

Son intelligence est aussi développée à un haut degré, par l'obligation où il se trouve de calculer les chances très-complicquées de perte ou de gain dans un contrat tel que l'exploitation par *tribut*; enfin, le taux de ses gains étant très-variable, il est obligé de mettre en réserve les profits considérables qu'il fait quelquefois, pour les occasions où ses profits seraient faibles, nuls ou même se changeraient en perte. Souvent une association de *tributors*, par suite d'une nouvelle découverte en minerai dans une partie du filon qui paraissait d'abord pauvre, reçoit une somme qui s'élève à plus de 100 livres sterling pour chaque associé dans la période ordinaire de deux mois. Dans d'autres cas, la veine s'appauvrissant, ils sont néanmoins obligés de continuer, et alors la balance

de leur compte peut être en débit; ils n'ont pas même de quoi payer le montant du matériel usé par eux.

Aussi les mineurs du Cornwall sont généralement réputés pour leur intelligence, leur activité et leur intégrité. Ces qualités sont chez eux si saillantes, que le voyageur n'a pas de peine à les reconnaître par comparaison avec ceux des autres contrées du continent et de l'Angleterre.

19. Les minerais de cuivre sont vendus à des compagnies dont les usines sont situées sur la côte sud du pays de Galles, aux environs de Swansea et de Neath. Ces compagnies sont au nombre de 15 à 16, et toutes ont en Cornwall des agens et des essayeurs. Il y a toutes les semaines, dans une ville située au voisinage des mines les plus considérables, une assemblée à laquelle se rendent ces agens, et où les différentes parcelles de minerai sont mises en vente.

Les journaux du pays annoncent assez longtemps à l'avance les parties de minerais provenant des diverses mines, qui devront être vendues à un jour et à un lieu déterminés. Les minerais à vendre sont divisés sur la mine en tas réguliers et égaux entre eux, ordinairement au nombre de six pour une partie. L'agent des acheteurs désigne un de ces tas qui est, en sa présence, retourné et mêlé avec soin dans ses différentes parties, puis remis en tas rond d'une forme régulière; après cela on coupe dans le milieu une tranche sur les bords de laquelle on détache uniformément une certaine quantité de minerai, dont une partie est prise, pilée et tamisée pour fournir un nombre suffisant d'échantillons, qui sont mis dans des sacs cachetés avec soin et

envoyés aux essayeurs de toutes les compagnies. Les acheteurs connaissent ainsi la teneur exacte du cuivre de chaque partie de minerai qui sera mise en vente à la prochaine réunion, et se décident, d'après la nature du minerai dont ils ont besoin, le prix courant du cuivre sur le marché, les frais de transport et de fondage.

La réunion à laquelle se trouvent les agents et exploitans des mines, aussi bien que les agents des compagnies de cuivre, est ordinairement présidée par l'un des premiers. Les offres des acheteurs pour chaque partie de minerai sont remises au président dans une note écrite, contenant l'indication du prix par tonne; il ouvre et lit les diverses soumissions, et proclame acheteur celui qui a fait l'offre la plus élevée. La partie vendue reste sur la mine, jusqu'à ce que l'agent de la compagnie, qui a acheté, vienne assister au pesage, après quoi elle est expédiée au point de la côte où elle doit être embarquée pour le pays de Galles.

Les minerais ne sont pas tous vendus proportionnellement à leur teneur en cuivre, mais payés plus ou moins cher d'après la nature de leur gangue. Les compagnies de cuivre mêlent généralement entre eux ceux qui proviennent de diverses mines, afin d'obtenir par le mélange une gangue fusible.

20. Quant aux minerais d'étain, ils sont beaucoup plus enrichis par le lavage que ceux de cuivre; leur traitement exige bien moins de combustible et des usines moins considérables. Celles-ci sont situées dans le comté du Cornwall, et les mineurs sont obligés de transporter à l'une de ces fonderies le minerai qu'ils veulent vendre;

et pour lequel ils traitent de gré à gré après un essai préalable. Il paraît cependant que le minerai d'étain est quelquefois vendu d'une manière analogue à celui de cuivre; car le journal de Truro annonce en même temps les ventes faites dans diverses places de deux espèces de minerai.

21. Pendant mon séjour en Cornwall, le 18 juillet 1833, il fut vendu à Truro 2,295 tonnes de minerai de cuivre, dont la teneur moyenne était de 9 pour cent. Le montant de la vente avait été de 16,700 liv. 6 sh. 6 d., et le prix régulateur du cuivre métallique, sur lequel ces ventes ont été faites (*standard*), était de 110 liv. 10 sh. 9 d. par tonne. Il résulte de ces données, que la tonne de minerai, d'une teneur de 9 pour cent, a été vendue moyennant 7 liv. 5 sh. 6 d. La valeur du cuivre contenu dans une tonne de minerai, d'après le prix régulateur et la teneur du minerai, est de 9 liv. 19 sh. La somme représentant les frais de transport, de fonte et le bénéfice des usines à cuivre est par conséquent de 2 liv. 13 sh. 6 d. par tonne. On vendit aussi le 16 juillet, à Redruth, 42 et demi tonnes de minerai d'étain (*black tin*), à des prix qui varièrent entre 38 liv. 12 sh. 6 d., et 24 liv. 10 sh. par tonne, plus 180 quintaux de 112 liv. avoir du poids, de minerai d'étain au prix de 11 sh. $\frac{7}{8}$ pour 20 livres avoir du poids. Sans doute cette dernière partie était du minerai d'étain d'alluvion (*grain tin*).

Le journal de Truro, qui publiait ces ventes dans son numéro du 19 juillet, annonçait comme devant avoir lieu à Truro à pareil jour de la semaine suivante, la vente de 3,049 tonnes de minerai de cuivre; et comme devant être vendus

à Camborne, le 1^{er}. août suivant, 2,345 tonnes du même minerai.

22. La quantité de minerai de cuivre produite dans ces dernières années par les mines du comté du Cornwall, s'élève à environ 140,000 tonnes, dont la teneur moyenne est de 8 pour cent en cuivre. Les consolidated mines fournissent seules annuellement de 15,000 à 18,000 tonnes, dont la teneur est supérieure à la richesse moyenne des minerais de la contrée; ces mêmes mines produisent tous les deux mois un bénéfice net d'environ 8,000 livres sterling, plus de 200,000 francs ou plus de 1,200,000 francs par an à partager entre les actionnaires. La mine de cuivre de Tresavean donne un produit net encore plus élevé; il est de 10,000 liv. sterl.; plus de 250,000 francs tous les deux mois, et par conséquent plus de 1,500,000 francs par an.

Les minerais sont vendus sur place à un prix moyen qui est ordinairement supérieur à 6 livres sterling la tonne. Il dépend au reste du prix du cuivre métallique au moment de la vente; et se calcule approximativement, ainsi que nous l'avons vu, en déduisant du prix du cuivre contenu dans la tonne de minerai, et dont la quantité est connue par l'essai en petit, une somme de 2 liv. 15 sh. représentant les frais de transport et de fonte.

Quant à la production en minerai d'étain, elle est beaucoup moins considérable. La production en étain métallique provenant des mines du Cornwall s'élève annuellement de 4,000 à 5,000 tonnes; comme le minerai est amené ordinairement par la préparation mécanique à une teneur de 70 pour cent en métal, cela repré-

sente de 5,700 à 7,000 tonnes de minerai lavé.

23. Les minerais de cuivre vendus sont généralement transportés au port le plus voisin par des routes et des voitures ordinaires. Néanmoins dans ces dernières années, on a construit un chemin de fer (rail road) qui aboutit à la mer non loin de Perran Wharf, et sert au transport des minerais exploités aux *consolidated mines*, et dans les autres mines importantes voisines de Redruth. Le rail road suit la vallée dans laquelle débouchent les principales galeries d'écoulement. Sa pente moyenne est de $\frac{1}{10}$, et sur quelques points elle va jusqu'à $\frac{1}{6}$. Chacun a le droit de placer des waggon et des chevaux à lui appartenant sur ce chemin, qui est généralement à simple voie et ne sert absolument qu'au transport des minerais de cuivre au port, et de la houille, fer, fonte, chaux ou autres matériaux nécessaires à l'exploitation, du port de débarquement aux mines. La compagnie propriétaire du chemin n'a point de waggon qui lui appartiennent, les transports étant toujours exécutés par les expéditeurs.

24. Les machines à vapeur et les autres objets en fonte moulée, sont généralement fournis par des fonderies établies dans le comté du Cornwall, et qui tirent du Glamorgan la houille et la fonte brute. Deux grandes fonderies et ateliers de construction de machines à vapeur sont situées à Hayle, sur la côte nord du comté. Une fonderie moins importante est établie à Perran Wharf, près de la côte méridionale, sur la route de Falmouth à Truro. Celle-ci est moins avantageusement située que la première.

25. Les prix des matières premières tirées des ports de Swansera et de Neath dans le Gla-

morgan, et rendus aux mines de Hayle, étaient les suivans en juillet 1833 :

Houille mêlée de première qualité, 1^{liv.} 12^{sh.} par voie de 72 bushels, pesant ensemble 6,048 liv. avoir du poids. En monnaies françaises 40^{fr.} 48^{c.} pour 2,742^{kil.}, ou 1^{fr.} 48^{c.} par 100 kilogrammes.

Fonte brute pour moulage, 5^{liv.} 5^{sh.} par tonne de 2,240 livres avoir du poids. Ou en mesures françaises 132^{fr.} 82^{c.} par 1,015^{kil.}, ou 13^{fr.} 09^{c.} les 100 kilogrammes.

Les prix des objets fabriqués à Hayle étaient les suivans :

Moulages de forme simple 6^{liv.} par tonne 15^{fr.} 18^{c.} les 100 kilogrammes.

Tuyaux en fonte pour les pompes de mines, 7^{liv.} 10^{sh.} par tonne; 18^{fr.} 97^{c.} les 100 kilogr.

Grands cylindres de 80 à 90 pouces de diamètre intérieur allésés, 22^{liv.} par tonne, 55^{fr.} 66^{c.} les 100 kilogrammes.

Couverts de cylindre, fonds de cylindres rabotés, *id.*

Chaudières cylindriques en tôle de fer, avec tube intérieur, de la forme usitée pour les machines du Cornwall, 18^{liv.} 5^{sh.} par tonne, 46^{fr.} 17^{c.} pour 100 kilogrammes.

Valves ou soupapes en bronze allésées ou rodées 2^{sh.} 3^{d.} la livre avoir du poids, 6^{fr.} 28^{c.} le kilogramme.

Le salaire journalier des ouvriers forgers ordinaires est, dans les usines de Hayle, de 2^{sh.} 6^{d.} environ soit 3^{fr.} 60^{c.}.

Il y a aussi une fonderie très-considérable, et un très-bel atelier de construction pour les machines à vapeur à Neath-Abbey, sur la côte sud du Glamorgan. Mais les machines employées sur les mines du comté du Cornwall sont générale-

ment tirées de préférence des fonderies du pays, afin d'éviter un transport par mer qui devient coûteux et embarrassant pour des pièces aussi énormes que les cylindres des machines.

26. Les navires qui transportent le minerai de cuivre dans le pays de Galles rapportent en retour la houille employée pour les machines à vapeur, les fonderies d'étain et autres usines établies dans le pays, les usages domestiques; le fer et la fonte; le calcaire pour la fabrication de la chaux qui est employée comme engrais en grande quantité dans les comtés du Cornwall et du Devon. Ces navires sont du port de 100 à 200 tonneaux. On estime qu'ils peuvent faire en moyenne 10 voyages par an du Glamorgan dans le Cornwall. A ce taux le transport seul des minerais de cuivre occuperait 140 vaisseaux du port de 100 tonneaux.

27. Le Cornwall fournit en outre à l'exportation du granit pour pierre de taille, de la terre à porcelaine exploitée aux environs de Saint-Austle, qui est transportée dans les fabriques du Staffordshire, de l'argile réfractaire qui sert dans la construction des fourneaux pour le traitement du cuivre, et de quelques hauts-fourneaux situés près de la côte sud du Glamorgan, du minerai de fer (fer hématite ou oxidulé) qui est exploité dans un filon voisin de Lost-Withiel et qui est transporté dans le pays de Galles pour y être mêlé en petite quantité au fer carbonaté des houillères, de l'oxide de manganèse et un peu d'arsenic manufacturé.

28. Les quantités de minerai de cuivre produites dans les exploitations du comté du Cornwall pendant quelques-unes des dernières années, ont été ainsi qu'il suit :

Pendant l'année qui finit au 30 juin 1831, le produit fut de 146,502 tonnes de minerai de cuivre, dont la teneur moyenne fut de $8 \frac{1}{2}$ pour cent. Le prix régulateur moyen du cuivre métallique (standard) étant de 99^{liv.} 18^{sh.}; le prix moyen de la tonne de minerai fut de 5^{liv.} 11^{sh.}.

Dans l'année suivante, c'est-à-dire du 1^{er}. juillet 1831 au 30 juin 1832, le produit des mines fut de 139,057 tonnes, d'une teneur moyenne de $8 \frac{3}{4}$ pour cent. Le prix régulateur moyen du cuivre (standard) étant de 100^{liv.} 14^{sh.}, le prix moyen de la tonne de minerai fut de 6 liv. st.

Dans ces deux années, les *consolidated mines* fournirent seules environ 15,000 tonnes. Le produit de l'année 1832 — 1833 n'a pas été inférieur à celui des années précédentes, et le prix du cuivre s'étant élevé, le minerai s'est vendu plus cher.

Dans l'année, du 1^{er}. juillet 1831 au 30 juin 1832, la quantité d'étain métallique obtenu en Cornwall et en Devon a été de 24,568 blocs pesant 4,176 tonnes.

Voici le tableau des quantités de cuivre métallique produites par toutes les mines de la Grande-Bretagne pendant l'année 1831—1832, avec l'indication du lieu d'où proviennent les minerais.

Les minerais du comté du Cornwall ont produit	12.099 tonnes
Du Devon.	249
Des autres parties de l'Angleterre. . . .	42
De l'île d'Anglesea.	852
Des autres parties du pays de Galles. . .	237
De l'Irlande.	974
De l'île de Man	12
Les minerais importés des contrées étrangères pour être traités dans le pays de Galles. .	56
Quantité totale de cuivre métallique. . . .	<u>14.521 tonnes.</u>

NOTICE

Sur l'état de l'industrie minérale dans les provinces autrichiennes et dans la basse Hongrie (1).

Par MM. FOY, HARLÉ et GRUNER, aspirans-ingénieurs des Mines.

Le Tyrol, jadis si riche en mines de cuivre et d'argent, ne présente maintenant qu'une exploitation très-peu active.

Tyrol.

Les mines de Schwatz, dans la vallée de l'Inn, qui livraient principalement ces deux métaux, sont entièrement abandonnées.

A Kitzbühel, on retire annuellement 1.200 quintaux de cuivre d'un minéral pyriteux en filons dans le schiste argileux.

Cuivre.

Les principales exploitations de cuivre se trouvent maintenant dans le Pusterthal (Tyrol italien). On traite les minerais au fourneau à manche, et on affine au petit foyer. A Schwatz il y a une tréfilerie de cuivre, laiton et argent.

Le Tyrol ne produit que 35 marcs d'or à Zell au Zillerthal : c'est dans cette vallée que l'on fit d'abord usage de la nouvelle méthode d'amalgamation de l'or, qui depuis a été généralement introduite en Hongrie, et qui consiste à faire passer toute la farine bocardée par le mercure avant de la concentrer en schlich.

Or.

La fabrication du fer et de l'acier bruts, et celle

Fonte, fer et acier.

(1) Les mesures employées dans cette notice ont, suivant Palaiseau, les valeurs suivantes en unités métriques :

Le quintal = 100 livres de Vienne = 55^{kil.} 9998

La lieue d'Autriche = 0^{myr.} 7948

Le pied de Vienne = 0^{met.} 3160

Tome V, 1834.

10

des faux ont plus d'importance. On fond des sers spathiques, et des hématites brunes qui se trouvent en filons dans le schiste argileux. Presque toute la fonte, produite dans des hauts-fourneaux à poitrine fermée (flussofen), est transformée en fer doux ou en acier par l'affinage *bergamasque* (*Hart-und weichzerrenarbeit*), où l'on s'arrange de manière à obtenir de l'acier par le second affinage de chaque jour. En Tyrol on fabrique des faux dont le tranchant seul est en acier, tandis qu'en Styrie et en Carinthie elles sont toutes entières en acier. La production annuelle s'élève à 10.000 quintaux de fer doux et 2.000 quintaux d'acier.

ine, sels.

Le Tyrol possède encore une grande saline à Hall, où l'on produit annuellement 200.000 quintaux de sel; et, en outre, du sel ammoniac et du carbonate de magnésie par l'emploi de l'urine. Le prix de production du sel est de 2 $\frac{1}{2}$ francs par quintal, et le prix de vente de 13 francs.

Salzburg.

onte, fer.

Dans le Salzburg, comme dans le Tyrol, les usines à fer sont, depuis un bien grand nombre d'années, toujours au même point. On fond les minerais (hématites brunes) dans des flussofen d'une faible hauteur, et la fonte est affinée par la méthode bergamasque, avec la différence cependant que la fonte mazée est encore grillée avant l'affinage proprement dit. La production du fer doux est de 15.000 quintaux.

argent.

Le Salzburg possédait jadis un grand nombre de mines d'or, dans la chaîne centrale des Alpes, qui sépare ce pays de la Carinthie. Maintenant il n'en existe plus que deux, Bockstein et Rauris, qui livrent 100 à 120 marcs d'or d'amalgamation, et 6 à 800 marcs d'argent, que l'on retire par fusion des minerais pyriteux.

Le Salzburg et la partie avoisinante de la Haute-Autriche renferment plusieurs dépôts de sel, qui rivalisent de richesse avec les mines de sel de Berchtesgaden et Reichenhall, appartenant à la Bavière. Toutefois, les salines qu'elles alimentent sont de beaucoup inférieures aux salines bava- roises. L'on y voit encore les grandes chaudières circulaires pour la cuisson, sans chaudière de chauffage; et les chambres de torréfaction, où le sel, pour sa dessiccation, est exposé à l'action di- recte de la flamme et de la fumée. Ces différentes salines sont situées à Hallein, Ischel, Hallstadt, et Ebensee.

Salines.

La Carinthie produit du fer, de l'acier, du plomb, 2 ou 300 quintaux de cuivre; elle produi- sait autrefois une quantité notable de zinc; mais cette dernière branche de l'industrie minérale est tombée entièrement depuis que ce métal est fabriqué à si bon compte en Silésie.

Carinthie.

Cuivre

La quantité de plomb produite en Carinthie s'élève à 60.000 quintaux par an, dont les deux tiers sont livrés par le Bleyberg. Ce plomb, obtenu au fourneau à réverbère par une espèce de liqua- tion, est remarquable par sa pureté et par l'ab- sence entière de l'argent : le minerai est de la galène à gangue calcaire.

Plomb.

La production de la fonte est d'environ 300.000 quintaux, qui toute est transformée en fer doux ou en acier, soit en Carinthie même, soit en Car- niole. Cette fonte est obtenue dans seize flussofen, dont plusieurs ont des dimensions considérables. Celui de Treibach, par exemple, a 35 pieds de hauteur et 8 pieds de diamètre; il est à trois tuyè- res et sa production journalière s'élève quelquefois à 250 et même 300 quintaux, le minerai ayant

Fonte.

Flussofen.

une teneur de 50 pour cent. La Carniole n'a que quatre flussofen : les stükofen ont disparu entièrement. La plupart de ces fourneaux sont alimentés par des machines soufflantes en bois, composées de plusieurs caisses cubiques, dans lesquelles se meut un piston à clapets en bois, n'agissant que pendant son mouvement ascensionnel; dans quelques usines modernes il y a cependant des machines à cylindres en fonte. La plupart des flussofen tirent le minerai de Hüttenberg; c'est un fer spathique partiellement décomposé, et très-riche en mica; il se trouve dans un schiste micacé, avec couches subordonnées de calcaire primitif : il est souvent accompagné de baryte sulfatée, que l'on exploite à part pour falsifier la *céruse*, fabriquée en grande quantité en Carinthie.

La fonte est coulée en *floss* ou levée en blettes, selon la méthode d'affinage employée dans les forges.

Acier.

L'acier est obtenu par la méthode *brescienne perfectionnée*, et le fer doux par la méthode *bergamasque*, ou bien par la méthode *styrienne à une seule fusion* appliquée aux blettes grillées sur des aires.

Fer

Le traitement du fer a fait de grands progrès dans cette province depuis plusieurs années : on a construit plusieurs usines avec des cylindres étireurs et des laminoirs; et il est probable que cette branche d'industrie va s'étendre encore, du moins à en juger d'après les essais faits par M. Rosthorn au Lavanthal, sur le puddlage, au moyen du bois et du lignite. La fabrication des faux est très-active en Carinthie, surtout à Wolfsberg, au Lavanthal, et à Neumärkt : pour ce-

instrumens on prend de l'acier un peu ferreux. La production du fer doux est de 160 à 180.000 quintaux, et celle de l'acier de 70.000 quintaux dans les deux provinces réunies : le prix du quintal de fer est de 20 francs.

La Carniole produit du mercure à Idria. La méthode de distillation n'a subi aucun changement bien saillant ; mais on a beaucoup perfectionné le mode de préparation mécanique. Au lieu d'avoir, sur le minerai bocardé, comme jusqu'en 1826, une perte de 55 pour cent de mercure, on l'a maintenant réduite à 35 pour cent. Cette diminution doit être attribuée principalement à la substitution des bocards à grilles aux bocards à fentes, à celle des tables à secousses aux tables dormantes ; et à une construction plus raisonnée des labyrinthes. On obtient par distillation 5 à 6.000 quintaux de mercure ; 100 quintaux sont tirés d'un schiste qui renferme le mercure à l'état natif : on prépare en outre 1.000 quintaux de cinabre artificiel. Un quintal de mercure se vend 200 à 300 fr. ; le quintal de cinabre 220 à 240 fr.

(Carniole.

Mercure

La Styrie est la province d'Autriche qui livre la plus grande quantité de fer doux et d'acier, tous les deux d'une qualité supérieure. Le fer est mou, mais très-nerveux ; l'acier est moins dur, mais aussi moins cassant que celui de Carinthie. En Styrie se trouvent 37 hauts-fourneaux, dont trois seulement, ceux de la fonderie de Mariazell, travaillent à poitrine ouverte. Les autres sont des flussofen dont la hauteur varie de 19 à 36 pieds. A Neuberg et à Mariazell seulement on produit de la fonte grise de moulage ; ailleurs, c'est de la fonte blanche destinée à l'affinage. Mariazell, usine impériale,

Styrie.

Fonte, f.
acier.

est remarquable par la fabrication active de canons en fonte, et par les beaux ateliers de forage. A Vordernberg il y a 14 hauts-fourneaux, et à Eisenerz 4, qui tirent leur minerai carbonaté d'une même mine qui embrasse une montagne de plus de 2.000 pieds de hauteur, formée tout entière de fer spathique. On exploite à ciel ouvert; et, des différentes parties de la mine, le minerai est transporté aux fourneaux sur des chemins en fer. Deux chemins en fer sont en construction, l'un de Eisenerz à Vordernberg (3 lieues), et l'autre de Eisenerz à Hiflau (5 lieues), pour amener le charbon aux usines et les floss aux forges. Les hauts-fourneaux sont alimentés par du charbon obtenu par la carbonisation italienne, en grandes meules qui contiennent plus de cent toises cubiques de bois massif. Le bois est réuni en deux points par flottaison sur les rivières de l'Enns et de la Salza. Les floss d'Eisenerz sont affinés dans plus de quarante forges situées dans les vallées latérales de l'Enns, par la méthode styrienne, à une seule fusion; pour l'acier, on prend les floss les plus lamelleux. A Mariazell, où la fonte est grise, on emploie la méthode d'affinage bergamasque. La Styrie livre annuellement 500.000 quintaux de floss, dont plus de 350.000 viennent d'Eisenerz et de Vordernberg. La quantité de fer doux et acier produite peut s'élever à plus de 400.000 quintaux.

Le prix des floss est de 6 à 7 fr. par quintal, et celui du fer et de l'acier de 15 à 20 francs.

Faux. tôle.

On fabrique beaucoup de faux en Styrie. A Neuberg il y a un grand établissement où l'on fabrique de la tôle laminée.

Si le traitement des minerais au haut-fourneau laisse peu de choses à désirer en Styrie, il n'en est

pas de même de l'affinage, où l'on brûle une quantité prodigieuse de charbon, malgré la simplicité du procédé. A Eisenerz, on emploie la flamme qui s'échappe du gueulard des hauts-fourneaux pour griller, ou du moins pour sécher le minerai.

La Hongrie, sous le rapport des mines, peut être divisée en quatre districts : la Basse-Hongrie, dont le centre est Schemnitz; la Haute-Hongrie, comprenant les établissemens de Schmöllnitz et Aranjdka; la contrée de Nagybania, sur les frontières de la Transylvanie, et le Bannat voisin de la Turquie. Les districts de Schemnitz et de Nagybania livrent principalement des minerais d'argent aurifères, avec un peu de cuivre et de plomb, que l'on traite par une fonte crue et une fonte de concentration produisant des mattes, d'où l'on extrait les métaux précieux par une fonte d'imbibition avec plomb. La Haute-Hongrie produit des minerais d'argent que l'on traite par l'amalgamation saxonne à Aranjdka, ainsi que des minerais cuivreux argentifères d'où l'on extrait le cuivre noir qui, depuis 1829, est soumis à l'amalgamation à Schmöllnitz.

Le Bannat livre des minerais cuivreux argentifères, que l'on doit aussi traiter comme ceux de la Haute-Hongrie.

Dans les districts de Schemnitz et Kremnitz, les minerais se trouvent en puissans filons dans du porphyre dioritique, enveloppé de toutes parts de trachytes. L'exploitation est connue depuis onze cents ans, et a produit, depuis son origine, en phases plus ou moins heureuses, des sommes très-considérables. Les principales mines se trouvent autour de la ville de Schemnitz même. La plupart

Hongrie

4 district
mines

District
Schemnitz
Kremnitz

des filons actuellement connus sont à peu près épuisés, et, si la nature du pays ne permettait pas le percement de galeries d'écoulement très-profondes et l'établissement de machines à colonnes d'eau, on aurait été, depuis long-temps, obligé d'abandonner les travaux. Les anciennes machines à air comprimé sont remplacées, depuis de longues années, par les machines à colonne d'eau à marteau, et ces dernières ont dû faire place, depuis peu, aux machines plus perfectionnées de M. Schitko, qui se distinguent de celles de M. Reichenbach par le régulateur, qui, au lieu d'être à trois pistons, est à deux robinets.

Galerie
oulement.

Les dernières espérances sont fondées sur une profonde galerie d'écoulement, à laquelle on travaille depuis cinquante ans, mais qui ne pourra être terminée que dans une vingtaine d'années. Cette galerie, qui porte le nom de l'empereur Joseph II, a son embouchure aux bords de la Gran, et se dirige, à peu près en ligne droite, par les mines de Hodritz à Schemnitz; elle aura plus de quatre lieues de longueur, et rendra inutiles toutes les machines à colonne d'eau actuelles. On espère, par cette galerie, non-seulement pouvoir approfondir les travaux dans les filons déjà connus, mais trouver encore de nouveaux filons dans la masse de Grünstein, qui sépare Hodritz de Schemnitz.

motrices.

Le district de Schemnitz, naturellement très-pauvre en eau motrice, est fort remarquable par l'ensemble des étangs et des canaux qui recueillent les eaux de pluie de toutes les montagnes environnantes, afin de les conduire aux laveries et aux machines à colonne d'eau. De ce manque d'eau résulte, que partout on est obligé

d'employer des manéges pour l'extraction; on a cependant fait usage d'une machine à vapeur pour cet objet, et de deux autres à cylindres oscillans. l'une pour un grand bocard, et l'autre pour une machine soufflante de l'usine à plomb.

On peut citer encore, comme perfectionnemens modernes, l'amalgamation tyrolienne de l'or, qui remplace l'usage des toiles sur les tables dormantes, et la construction d'un bocard mu par une machine à colonne d'eau à deux cylindres et à double effet. On a l'intention, enfin, d'adapter une machine à colonne d'eau à l'extraction. Depuis plusieurs années, les mines de Schémnitz, qui presque toutes sont des propriétés de l'Etat, coûtent plus qu'elles ne rapportent; celles de Kremnitz, qui produisent principalement des minerais d'or, donnent un bénéfice assez considérable.

Le mode de fondage a éprouvé un changement depuis quelques années dans le district de Nagybania, changement que l'on a aussi introduit, en 1832, dans les usines de Schemnitz. Au lieu de soumettre les minerais à deux fontes de concentration, qui occasionent des pertes d'argent et d'or dans les scories, avant de mettre ces métaux en contact avec du plomb, on les traite de suite par imbibition, et le plomb, au lieu de n'être ajouté que dans le creuset de percée, est placé dans le creuset de réception, pour les minerais pauvres, et chargé par le gueulard pour les minerais riches. En outre, la liquation des cuivres riches est remplacée par une désargentation des mattes cuivreuses.

La production annuelle de la Basse-Hongrie est actuellement de 35.000 marcs d'argent, et au plus de 600 marcs d'or. La Haute-Hongrie et le

Changement
dans le pro
de fon

Argent.

district de Nagybania livrent annuellement à peu près 30.000 marcs d'argent, et le Bannat 10.000 marcs.

Cuivre. La Basse-Hongrie produit à peu près 6.000 quintaux de cuivre; la Haute-Hongrie 18.000 quintaux; le Bannat 6.000 quintaux.

Fer. La Hongrie ne produit que peu de fer. Les principaux établissemens se trouvent à Rhonitz, près de Neusobl. Cette branche d'industrie est encore peu avancée; on se sert de hauts-fourneaux qui donnent de la fonte grise, que l'on affine ensuite par la méthode allemande et par attachement dans des creusets à deux tuyères parallèles.

Bohême. La Bohême, peut-être le pays en Europe où il y avait le plus de mines, présente maintenant, en général, des établissemens abandonnés. Cependant, depuis quelques années, on a repris d'anciens travaux, et déjà, en plusieurs points, des succès brillans ont couronné ces essais.

Or. La Bohême contient à peu près tous les métaux. On lavait des sables aurifères sur tous les cours des rivières Zasava et Wattawa, qui se jettent dans la Moldau, au-dessous de Prague : maintenant une seule mine, dans l'Eulengebirg, rappelle le souvenir de la présence de l'or.

Argent. On exploite de l'argent en différens points de la Bohême, mais avec peu de succès; la principale mine, celle de Joachimsthal, ne livre que 1.000 marcs par an. On y traite les minerais par l'amalgamation saxonne.

Depuis quelques années, une mine de galène argentifère, à Przibram, a éveillé l'attention des mineurs bohémiens. Elle produit par an 22.000 marcs d'argent et plus de 20.000 quintaux de

litharge ou de plomb. Les travaux sont fort bien disposés dans cette mine, et des chemins en fer unissent les puits d'extraction aux laveries. Un moulin à vent, servant de machine d'épuisement et d'extraction, frappe par son ingénieuse construction. Quelques autres mines de plomb, à Miess, etc., livrent en outre 10.000 quintaux de litharge.

La Bohême fournit à peine 200 quintaux de cuivre; on y fabrique aussi de l'arsenic blanc et du bleu de cobalt. Cuivre
arsenic,
de cobalt

La Bohême possède 40 à 50 hauts-fourneaux qui, alimentés par des minerais oxidés rouges en grains, produisent près de 400.000 quintaux de fonte grise, dont les deux tiers sont transformés en fer doux par la méthode allemande, dite *par attachement*, méthode qui se distingue par la faible consommation de combustible. Il n'existe pas de hauts-fourneaux marchant au coke, quoique les houilles ne manquent pas; l'affinage au four à puddler n'est pas encore connu, non plus que les cylindres étireurs; mais on fabrique beaucoup de tôle et de fer-blanc au laminoir à Horzowitz. Fonte,

On ne produit, en Bohême, que 500 quintaux d'étain; on a trouvé du mercure avec de la baryte sulfatée dans des filons d'hématite rouge au contact de roches d'origine ignée. Étain

Depuis quelques années, la fabrication de l'huile de vitriol a pris un grand développement en Bohême; on la fabrique en calcinant du vitriol obtenu par le lavage de grandes haldes de schistes et lignites pyriteux que l'on laisse effleurir à l'air. Les principales fabriques de cet acide sont à Radnitz et à Ellnbogen, et la production annuelle s'élève de 25 à 30.000 quintaux d'acide fumant. Acide
sulfurique
fumant

porcelaine.

Les fabriques de porcelaine ont fait de grands progrès, surtout par les efforts de MM. Haïden-ger frères.

houille.

L'exploitation de la houille est encore bien négligée, suite naturelle de l'abondance du bois.

voies de fer.

Dans ces dernières années, on a établi en Bohême deux grands chemins en fer pour favoriser le développement de l'industrie; mais, jusqu'à présent, le passage est trop faible pour payer les intérêts du capital d'établissement. L'un de ces chemins va de Linz à Budweis, et l'autre unit Prague avec la frontière bavaroise. Un troisième chemin est projeté de Linz à Trieste; ce chemin perdra de son importance par la canalisation du Danube.

Moravie.

Fer.

L'industrie est plus avancée en Moravie qu'en Bohême. La plupart des produits bruts, laine, etc., venant de la riche Hongrie, occupent les fabriques de la Moravie. Les usines à fer sont aussi plus avancées dans ce dernier pays qu'en Bohême, surtout celles de Blansko, dirigées par le docteur Reichenbach. La Moravie produit 60.000 quintaux de fer doux.

NOTE

Sur la composition chimique de l'or natif, et
particulièrement de l'or de l'Oural.

Par M. GUSTAVE ROSE.

Extraite et traduite de l'allemand.

La nature ne présente pas l'or à l'état de pureté parfaite, mais toujours combiné avec une certaine quantité d'argent variable avec les diverses localités. Les premières analyses de ce minéral sont dues à Fordyce, Klaproth et Lampadius, qui ont trouvé les résultats suivans :

Recherches
antérieures
l'or natif

Auteur de l'analyse.	Localité de l'or natif.	Composition pour 100.		
		Or.	Argent.	Fer.
Fordyce.	Konsberg en Norwège. . .	0,28	0,72	. . .
Klaproth.	Schlangenberg dans l'Altaï.	0,64	0,36	. . .
Lampadius.	0,966	0,02	0,01

Les travaux analytiques les plus importants sur l'or natif sont donc dus à M. Boussingault. Ce chimiste a fait une suite d'analyses (1) de l'or de diverses localités de Colombie, où cette substance se trouve, soit en place dans les roches, soit disséminée dans les sables provenant de la décomposition des roches primitives : il a trouvé que, dans ces diverses variétés, l'argent était

(1) Annales de Chimie et de Physique, tome XXXIV, page 408, et tome XLV, page 440.

combiné avec l'or en quantité variable, mais toujours en proportions définies, et que ces sortes de combinaisons résultaient constamment, dans les minéraux qu'il a analysés, de l'union d'un seul atome d'argent avec 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 12 atomes d'or. Du reste, les cristaux examinés par ce chimiste ne présentaient aucune particularité, et rentraient dans les formes connues de l'or natif.

Un petit nombre de substances minérales, telles que la dolomie et le pyroxène, présentent des substances isomorphes combinées en proportions définies. Il n'y a donc rien d'extraordinaire à ce que quelques alliages naturels d'or et d'argent soient dans le même cas; mais il serait étonnant que tous les composés que présente la nature rentrassent dans cette loi, comme dans les cas examinés par M. Boussingault.

M. G. Rose, désirant examiner cette question de minéralogie, profita du voyage qu'il fit en Sibérie dans l'année 1829, dans la compagnie de M. de Humboldt, pour rassembler une collection complète des minéraux aurifères fournis par les diverses exploitations et laveries de l'Oural; les résultats de l'analyse de cette collection, et de plusieurs variétés de diverses autres localités, forment la partie la plus étendue du travail de M. G. Rose.

ment de
e l'Oural.

n roche.

L'or natif se présente à la fois, dans l'Oural, en roche et disséminé dans des sables. Avant 1819, l'or était fourni exclusivement par des exploitations souterraines où ce métal se trouvait en filons; mais, depuis cette époque, la découverte des sables aurifères fit abandonner les travaux souterrains les moins productifs, et l'on continua seulement à ex-

exploiter les deux mines de *Beresow* à 15 verstes (1) N. de *Katharinenburg*, et de *Newiansk* à 95 verstes N. de la même ville; encore en 1820 a-t-on abandonné également cette dernière. L'or en roche se trouve toujours dans des filons quartzeux; celui de *Beresow* se trouve dans cette gangue en cristaux, et celui de *Newiansk* en lamelles. Dans les sables aurifères, l'or se présente ordinairement en petits grains ou en petites écailles; il s'y trouve quelquefois en morceaux considérables: c'est ainsi que, dans la laverie *Czarewo Alexandrowsk*, on a rencontré des morceaux pesant 13, 16 et même 24 $\frac{2}{3}$ livres. Les sables aurifères contiennent aussi des petits cristaux d'or dont on peut très-bien déterminer la forme, bien qu'ils n'aient plus ni angles ni arêtes.

L'or produit par les diverses exploitations de l'Oural est essayé dans les monnaies de *Katharinenburg* et de *St.-Petersbourg*. Le tableau suivant indique le titre moyen des minerais d'or des diverses localités; mais comme ces essais sont faits sur le produit de la fusion de l'or de tout un

Titre mo
de l'or
de l'Oura

(1) Je crois utile de transcrire ici la valeur des mesures russes employées dans cet extrait: et de plusieurs autres qu'il peut souvent être utile de connaître; j'en suis redevable à l'obligeance de M. Teploff, officier des mines de Russie.

Mesures de longueur.	{	1 verste. .	=	500 sagènes. .	=	1 kilom., 06678.
		1 sagène. .	=	3 arschines. .	=	2 mètr., 1336.
		1 arschine. .	=	4 verschoks. .	=	0 mètr., 7112.
		1 verschok. .	=	=	0 mètr., 1778.
Mesures de pesanteur.	{	1 poud. .	=	40 livres . .	=	16 kilog., 372.
		1 livre . .	=	96 solotniks. .	=	0 kil., 4093.
		1 solotnik. .	=	=	0 kil., 004263.

La *métrologie universelle* de Palaiseau donne des nombres légèrement différens: dans cet ouvrage, la verste et la livre sont ainsi cotées:

1 verste. = 1 kilom., 07682.

1 livre. . = 0 kilog., 40857.

(Trad.)

district, ils ne peuvent servir en rien à établir la composition chimique d'un seul alliage. Ces résultats prouvent seulement qu'en général le minéral de Sibérie est plus riche en or que celui de Colombie et du Siebenburg.

Districts de	Gisement.	Composition pour 1,000.	
		Or.	Argent.
Katharinenburg.	Sable aurif.	0,9301	0,0699
Hiel.	Mine.	0,8740	0,1260
Miask.	Sable aurif.	0,9300	0,0700
Bogowslowsk.	<i>Id.</i>	0,8880	0,1120
Kuschwa.	<i>Id.</i>	0,9030	0,0970
Werch Iactsk.	<i>Id.</i>	0,9270	0,0730
Nischne Tagil.	<i>Id.</i>	0,9073	0,0927
Kaslinski.	<i>Id.</i>	0,9197	0,0803
Newiansk.	<i>Id.</i>	0,9142	0,0858
<i>Ibid.</i>	Mine.	0,9295	0,0705
Sisersk.	Sable aurif.	0,9178	0,0822
Ufaley.	<i>Id.</i>	0,9145	0,0855
Schaitansk.	<i>Id.</i>	0,9510	0,0490
Bilimbajewsk.	<i>Id.</i>	0,9354	0,0646
<i>Ibid.</i>	<i>Id.</i>	0,9124	0,0876
Bewdinski	<i>Id.</i>	0,9333	0,0667
Wsewoledski	<i>Id.</i>	0,8901	0,1099
Bisersk.	<i>Id.</i>	0,8872	0,1128

or natif
testé par le
chalumeau.

Le chalumeau donne un moyen facile de reconnaître si l'or natif contient peu ou beaucoup d'argent. Lorsque l'on fond de l'or pur avec le sel de phosphore, ce métal ne s'y dissout pas, et le sel reste transparent et incolore; avec l'argent pur le même phénomène a lieu à la flamme extérieure; mais à la flamme intérieure, si l'argent est en petite quantité, le verre devient opalin et jaunâtre, et si la proportion d'argent est considérable, le verre devient tout-à-fait jaune et opaque. Les alliages naturels de ces deux métaux se comportent de la même manière, suivant qu'ils cou-

tiennent plus ou moins d'argent; l'alliage qui ne contient que $\frac{1}{4}$ pour 100 d'argent, n'a aucune action sur le sel de phosphore. En soumettant à ce genre d'essai plusieurs morceaux d'or d'une même laverie, j'ai remarqué qu'ils se comportaient d'une manière très-variée : l'analyse a prouvé en effet qu'ils différaient beaucoup par leur composition.

La méthode à suivre pour l'analyse de l'or natif varie avec la quantité d'argent qu'il contient.

Si la proportion d'argent est faible, ce que l'on reconnaît facilement à la couleur jaune d'or de l'alliage, on attaque celui-ci par l'eau régale dans une capsule couverte placée dans une étuve. La plus grande partie de l'argent reste à l'état de chlorure d'argent, qui a généralement la même forme que la feuille d'or soumise à l'analyse. On décante la dissolution, on désagrège le chlorure à l'aide d'un tube de verre, et on le met ensuite en digestion avec une nouvelle dose d'eau régale. Si l'alliage contient plus de 20 pour 100 d'argent, le chlorure d'argent formé a une telle cohésion qu'il ne se laisse pas diviser par le tube de verre, dès lors il est à craindre que l'attaque ne soit pas complète; ce procédé d'analyse ne peut donc être employé pour les alliages de ce genre que lorsque l'échantillon sur lequel on opère a été réduit en feuille extrêmement mince.

L'attaque étant faite, on étend d'eau les deux dissolutions acides : la première ne se trouble que très-légèrement, il ne paraît pas en effet qu'une dissolution d'or saturée dissolve une quantité notable de chlorure d'argent : la seconde, au contraire, laisse déposer une quantité assez considérable de cette substance. Lorsque les dissolutions ont séjourné pendant quelque temps

Analyse
l'or conte
peu d'arg

dans un lieu chaud, et que tout le chlorure s'est déposé, on les filtre, et on pèse le chlorure d'argent après l'avoir séché et fondu dans un creuset de porcelaine. On évapore la liqueur dans une capsule de porcelaine pour chasser le chlore en excès, et quand la masse laisse dégager des vapeurs visibles, on la délaie dans l'eau, puis on la traite par l'acide oxalique : on met la liqueur dans un verre muni d'un couverct convexe, afin que l'or ne soit pas entraîné mécaniquement hors du vase par l'acide carbonique qui se dégage. Le verre doit être placé dans une étuve, où il doit rester au moins vingt-quatre heures avant que la précipitation de l'or soit complète : la liqueur doit être alors parfaitement claire, et ne doit plus laisser dégager de bulles de gaz par l'addition d'une nouvelle quantité d'acide oxalique. On filtre pour recueillir l'or, puis on évapore à sec la liqueur. Il reste toujours un petit résidu brun que l'on redissout dans l'acide hydrochlorique; enfin, on précipite successivement de cette dernière liqueur du cuivre par l'hydrogène sulfuré, et du fer par l'hydro-sulfate d'ammoniaque.

Dans toutes les analyses, M. G. Rose n'a jamais trouvé qu'une très-petite quantité de ces deux substances : il s'est d'abord assuré par des essais convenables que le dernier résidu ne contenait que du fer et du cuivre. Ces deux métaux sont combinés chimiquement avec l'or, car l'alliage étant toujours mis en digestion dans l'acide hydrochlorique pur avant l'analyse, et la dissolution du même alliage dans l'eau régale ne se troublant pas par le chlorure de barium, on est assuré que ces deux métaux ne peuvent se trouver associés à l'alliage analysé, à l'état de fer hydraté ou de pyrite cuivreuse.

nd l'or contient plus de 20 pour 100 d'ar- Analyse de
il est en général difficile et souvent inexact l'or contenant
ialyser par le procédé qui vient d'être in- beaucoup
d'argent.

Celui que l'on emploie ordinairement
e cas consiste à coupeller l'alliage avec du
et de l'argent, et à traiter le nouvel alliage
on obtient par l'acide nitrique qui enlève
ient l'argent. Mais M. Gay-Lussac ayant
é qu'avec tout le soin possible, cette mé-
donne toujours une petite perte en argent;

Rose a cherché une méthode plus exacte,
té conduit aux résultats suivans.

recherches ont été faites avec l'or natif de
ie de Siranowski, l'une des plus riches de
, dans lequel les meilleurs procédés d'ana-
nt fait découvrir :

Or.	0,6098
Argent. . . .	0,3838
Fer.	0,0033

Un poids donné de l'alliage a été fondu dans Essais divers.
crauet de terre avec trois fois son poids d'ar-
la masse refroidie très-lentement avait une
ure cristalline uniforme qui paraissait indi-
in mélange bien homogène: cette masse a été
rassée à la lime de toutes les parties adhé-
du creuset; cette opération a donné une
que l'on a défalquée de la masse primitive,
rtionnellement aux quantités d'alliage et
nt, c'est-à-dire dans l'hypothèse d'un mé-
homogène. Le nouvel alliage a d'ailleurs
ialysé au moyen de l'acide nitrique qui a
is tout l'argent : l'or a ensuite été dissous
l'eau régale, puis précipité comme précé-
nent par l'acide oxalique.

atre analyses faites sur l'or de Siranowski,

par ce procédé, ont toujours donné des résultats différens, en même temps qu'une quantité d'argent beaucoup trop faible; il faut nécessairement en conclure que l'alliage refroidi lentement ne possède pas l'homogénéité que suppose implicitement cette manière d'opérer.

M. G. Rose a cherché à diminuer autant que possible la perte dont il vient d'être question, et à éviter la non homogénéité de l'alliage en agitant la masse fondue pendant le refroidissement, et ajoutant du carbonate de potasse pour recouvrir l'alliage et l'empêcher de rocher. Mais, malgré toutes ces précautions, ce procédé a toujours donné une légère perte en argent.

2°. M. G. Rose a cherché à analyser l'or de Siranowski seulement par la voie humide. A cet effet, l'alliage a été réduit en lame très-mince, et traité d'abord par l'acide nitrique; le résidu a été ensuite successivement traité par l'eau régale et par l'ammoniaque, jusqu'à ce qu'il ait été entièrement dissous. Ce procédé a donc donné : 1°. une dissolution nitrique qui contenait une partie de l'argent; 2°. une dissolution ammoniacale qui contenait une autre portion de l'argent; 3°. enfin une dissolution de tout l'or de l'alliage dans l'eau régale, laquelle retenait une petite quantité de chlorure d'argent qui se dépose, comme on sait, peu à peu quand on étend d'eau la liqueur.

Ce procédé, qui donne d'assez bons résultats, n'est pas cependant à recommander; il exige un temps considérable; les nombreuses décantations qu'il faut faire entraînent toujours quelque perte, et, quand l'analyse tire à sa fin, les petites por-

tions d'alliage deviennent si minces, qu'elles peuvent être facilement entraînées mécaniquement par la décantation.

3°. Le meilleur procédé pour l'analyse de l'or natif qui contient beaucoup d'argent, consiste à fondre cette substance avec du plomb dans un petit creuset de porcelaine chauffé par une lampe à double courant d'air. On attaque ensuite la masse fondue par l'acide nitrique, on la détache du creuset, puis on place le tout dans un verre à pied, en ajoutant une nouvelle quantité d'acide nitrique, et en étendant d'eau pour dissoudre le nitrate de plomb. On lave le résidu, puis on le dissout dans l'eau régale, on précipite la petite quantité de chlorure d'argent dissoute, en étendant d'eau la liqueur; on filtre, on évapore à sec la dissolution, on reprend par l'eau, puis on précipite l'or par une dissolution de chlorure de fer. Il ne faut pas employer pour cette précipitation le proto-sulfate de fer, parce que l'or dissous peut encore contenir un peu de plomb. Quant à la dissolution nitrique, on l'étend d'une grande quantité d'eau, puis on la traite par une dissolution de chlorure de plomb, et non par l'acide hydrochlorique qui pourrait précipiter à l'état de chlorure une partie du plomb. On place la liqueur dans un lieu chaud pour favoriser la précipitation du chlorure d'argent, et lorsque la dissolution est devenue tout-à-fait claire, on recueille le chlorure sur le même filtre qui avait servi à filtrer la dissolution d'or. Quant à la petite quantité de fer, elle ne peut être dosée à cause de la très-grande masse de plomb que contient la liqueur.

Descripti
du meille
procédé.

• Tous les résultats qu'a obtenus M. G. Rose par

les procédés d'analyse qui viennent d'être indiqués sont rassemblés dans le tableau suivant :

Résultats
des analyses.

SUMMA

Recherche du
platine.

L'or et le platine se présentent dans l'Oural très-fréquemment dans les mêmes localités, il pouvait arriver que ces deux métaux

se trouvassent aussi combinés chimiquement. Pour examiner cette question, M. G. Rose a fait une recherche spéciale sur une masse de 10 grammes environ, provenant d'un mélange d'échantillons de vingt localités différentes de l'Oural. Cette analyse n'a pu lui faire découvrir la moindre trace de platine ni d'aucun des autres métaux qui lui sont ordinairement associés.

M. G. Rose déduit de la comparaison de ces Conséquences diverses analyses plusieurs conséquences importantes.

1°. L'or natif ne contient pas l'or et l'argent combinés en proportions définies. Plusieurs échantillons paraissent à la vérité contenir les deux métaux dans cet état de combinaison; mais le plus grand nombre des résultats ne s'accorde nullement avec ce point de vue, et présente des passages insensibles entre les divers termes d'une série de combinaisons en proportions définies. Cette observation se rapporte aussi bien aux combinaisons qui contiennent peu d'argent, qu'à celles qui en contiennent une proportion considérable; elle s'applique également aux alliages des sables aurifères, et à ceux qui se trouvent en place dans les roches primitives.

2°. L'or et l'argent se trouvant ainsi combinés en proportions non définies, on en déduit, comme conséquence rigoureuse, que ces deux métaux sont isomorphes : conclusion que l'on ne pouvait tirer avec la même certitude de l'identité des formes cristallines.

3°. Aucune des localités citées précédemment n'a présenté l'or à l'état de pureté parfaite, et il paraît que l'or natif contient toujours au moins une petite quantité d'argent, de cuivre ou de fer.

Les analyses de M. Boussingault avaient indiqué 2 pour cent comme la plus petite quantité d'argent contenue dans l'or natif; la quantité d'argent contenue dans une variété d'or natif de Schabrowski est encore moindre, puisqu'elle n'excède pas 0,16 pour cent. Cette même variété contient 0,35 pour cent de cuivre, proportion la plus considérable qui ait été trouvée dans toutes les variétés d'or natif de l'Oural.

4°. La pesanteur spécifique des diverses variétés d'or natif est en rapport inverse avec la proportion d'argent contenue dans le minéral; la variété analysée sous le n°. 6, et qui provient des sables aurifères de Petropawlowsk, présente seule une exception à cette loi. En général la pesanteur spécifique de l'or, lorsqu'il a été fondu, est un peu plus grande que celle de l'or tel que le présente la nature; mais il est probable que cette différence n'est qu'apparente, et qu'elle est due à des petites cavités qui existent dans la masse de l'or natif. M. G. Rose a en effet observé que ce minéral contenait souvent intérieurement des petites cavités remplies d'ocre jaune.

lyses 8, 18, 19, qui ont été faites sur trois échantillons de la mine de *Beresow*. Cependant il y a lieu de remarquer ici que ces trois analyses n'indiquent pas dans les proportions d'argent, une grande différence. Les combinaisons naturelles qui contiennent des substances isomorphes, diffèrent ordinairement par leur composition quand elles proviennent de localités différentes; mais généralement les échantillons d'un même lieu ont une composition identique. Au premier aperçu, l'or provenant des mines de *Beresow* paraîtrait s'écarter de cette loi; toutefois ces mines sont très-étendues, on y exploite une grande quantité de filons qui, en y comprenant les anciennes mines d'*Uktuss* d'où provient l'échantillon n°. 19, s'étendent dans un district qui comprend plus d'un mille carré; il est donc possible que ces filons aient été formés à diverses époques, et que la composition de l'or soit uniforme dans toute l'étendue d'un même filon.

8°. On croit généralement dans l'Oural et à Saint-Pétersbourg que l'or des sables est ordinairement plus riche en or que celui des filons. M. G. Rose a été conduit par ses analyses à un résultat contraire : celles-ci indiquent moyennement, dans l'or des filons, 0,0791 d'argent et 0,0897 dans l'or des sables. Malgré cela on a imaginé, pour rendre compte de la plus grande richesse de l'or des laveries, une hypothèse qui n'est pas plus d'accord avec les lois de la chimie que le fait lui-même ne paraît certain. La meilleure manière de résoudre cette question serait d'analyser l'or provenant des diverses tailles d'un même filon, et, en admettant qu'il y eût une différence de composition dans les alliages fournis par les divers

travaux, de rechercher la loi de cette variation. Si l'on trouvait, par exemple, que les alliages, dans les parties supérieures des filons, sont toujours plus riches en or que dans les parties inférieures, il deviendrait probable que l'or des filons est moins riche que celui des sables, puisque ceux-ci proviennent de la désagrégation de la partie supérieure des filons. Les divers filons de Beresow présentent un lieu très-favorable pour ce genre de recherches.

F. L.-P.

NOTE*Sur la cémentation du fer au moyen de l'hydrogène carboné.*

Par M. DUFRENOY, ingénieur en chef des Mines.

M. Macintosh, l'un des industriels les plus instruits de l'Angleterre, auquel les usines chimiques des environs de Glasgow sont redevables de nombreux perfectionnemens, a eu l'idée de fabriquer de l'acier de cémentation en exposant du fer à un courant de gaz hydrogène carboné; après différens essais, l'appareil qu'il a trouvé le plus convenable consiste dans un tube de fonte garni intérieurement d'une couche d'argile réfractaire, la même qui est employée dans la construction de l'ouvrage des hauts-fourneaux de la Clyde. Pour prévenir le retrait qu'éprouve ordinairement l'argile, elle est mélangée avec environ un tiers de la même argile cuite et réduite ensuite en poussière assez fine. Les tubes employés par M. Macintosh ont une longueur qui varie de quatre pieds à six pieds, leur largeur intérieure est de dix pouces à onze pouces. Le revêtement en argile a deux pouces d'épaisseur; il doit être battu fortement et ne pas présenter de fissures; pour y parvenir, on met dans l'intérieur du tube un cylindre en bois, dont le diamètre est égal au vide inférieur de l'appareil; on place la terre par petites couches successives, comme cela se pratique dans la fabrication des pots de verreries.

Le tube porte des ajutages à chacune de ses

extrémités. L'un de ces ajutages sert à l'introduction de l'hydrogène carboné, tandis que ce gaz se dégage par le second; ces ajutages se ferment exactement l'un et l'autre, de manière que le gaz hydrogène carboné puisse séjourner dans l'intérieur du tube aussi long-temps qu'on le juge convenable.

Ce tube est placé dans un fourneau disposé de manière qu'il soit enveloppé de tous côtés par du charbon.

On charge dans chaque tube de cent à cent cinquante livres de fer. On dispose les barres dans le sens de la longueur du tube, en ayant soin de les espacer et de séparer chaque couche par des petites barres placées en croix, afin que le gaz hydrogène soit en contact sur toute leur surface. Après que le feu est allumé, et lorsque le tube est suffisamment échauffé, on y fait passer un courant de gaz hydrogène carboné produit par la distillation de la houille. Mais, afin que le gaz et le fer puissent acquérir la température convenable à la cémentation, on ne renouvelle l'hydrogène que toutes les demi-heures. Au bout de ce temps le gaz hydrogène est en grande partie dépouillé du charbon qu'il contenait, et à sa sortie du tube il brûle avec une flamme peu éclatante.

Le temps nécessaire pour la cémentation dépend de la dimension des barres de fer que l'on cimente, et de la température à laquelle l'appareil est soumis; lorsque le tube de fonte est d'un rouge brun, et que les barres ont deux pouces de largeur sur six lignes d'épaisseur, il faut seulement dix-huit ou vingt heures pour terminer une opération; on peut surcarburer le fer avec une grande facilité, j'ai vu des barres minces qui

étaient presque à l'état de graphite; des barres d'essais, placées dans les disques qui ferment le tube, indiquent l'état de la cémentation et le moment où il faut arrêter l'opération.

L'acier, au sortir du tube, est recouvert de petites cloches ou ampoules; il ressemble entièrement à l'acier cémenté par les procédés ordinaires. Je n'ai point vu marcher l'appareil, et je ne puis donner aucun détail sur la manière de conduire l'opération : je ne possède également aucunes données économiques; M. Macintosh, de qui je tiens le peu de détails que je viens de transcrire, est convaincu que ce procédé peut, sous le rapport de la dépense, soutenir la concurrence avec la cémentation ordinaire; il regarde l'acier obtenu par le gaz hydrogène comme plus homogène et de qualité supérieure à celui produit par la cémentation ordinaire; M. Macintosh a fabriqué plusieurs tonnes d'acier pour constater la réalité de sa découverte, pour laquelle il a pris le brevet d'invention en Angleterre.

Tout l'acier fabriqué par M. Macintosh a été livré au commerce; la plus grande partie, transformée en acier fondu, a été employée à la fabrication de la coutellerie fine, et à la confection d'instrumens qui exigent de l'acier de première qualité.

ITINÉRAIRE

D'un voyage en Espagne, précédé d'un aperçu sur l'état actuel et sur l'avenir de l'industrie minérale dans ce pays (1).

(20 avril. — 15 juillet 1833.)

Par M. F. LE PLAY, ingénieur des Mines.

Jusqu'à ces derniers temps l'Espagne est restée presque entièrement en dehors du cercle des observations qui ont déjà fait connaître avec précision la nature physique de la plus grande partie de l'Europe. Cependant les nombreuses chaînes de montagnes qui donnent à sa surface un caractère si prononcé, et qui produisent dans le climat de si singulières variations; le souvenir des richesses minérales, extraites de son sol à diverses époques, et enfin les récits de tous les voyageurs qui ont visité la Péninsule, prouvent suffisamment que l'étude de ce pays doit présenter aux naturalistes un haut intérêt, et que le mineur, en particulier, peut y recueillir des faits utiles pour les sciences qu'il cultive. Les causes de notre ignorance sur l'histoire naturelle de l'Espagne sont faciles à apprécier : les circonstances politiques ne lui ont pas permis de prendre part au mouvement qui a été imprimé aux sciences depuis la fin du siècle dernier dans les autres contrées de l'Europe : il est même vrai de dire que, dans la plus grande partie de cette période, les institutions propres à favoriser les sciences ont

Intérêt
que présente
un voyage
en Espagne

Ignorance
sur l'histoire
naturelle
de ce pays

(1) Extrait d'un rapport adressé à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines.

éprouvé une décadence graduelle contre laquelle n'a pu prévaloir le zèle de quelques hommes isolés. L'Espagne n'a donc pu jusqu'ici apporter son contingent dans la masse des observations qui doivent former la base d'une description complète du continent européen. Les savans étrangers eux-mêmes n'ont presque rien fait connaître sur la Péninsule; et tandis qu'un grand nombre de voyageurs allaient explorer les contrées les plus reculées et planter au loin de nombreux jalons pour une grande triangulation géologique de la surface du globe, tous paraissent avoir oublié qu'il existe en Europe une contrée qui n'est guères mieux connue, à quelques égards, que les parties les moins fréquentées de l'ancien et du nouveau continent.

améliorations
des voies
de communi-
cation.

Si les Pyrénées ont été jusqu'ici une barrière que les naturalistes n'ont franchie que bien rarement, il faut sans doute en trouver la cause dans les récits qui ont été faits si fréquemment de la difficulté des communications et des périls que doivent craindre les étrangers au milieu d'une civilisation encore imparfaite. Mais ces obstacles qui, le plus souvent, ont été considérablement exagérés, diminuent de jour en jour : dans la partie espagnole de la Péninsule, les points les plus importants par leur population, leur commerce et leur industrie, sont aujourd'hui réunis par de bonnes lignes de communication. Depuis plusieurs années Madrid est en correspondance régulière avec la plupart des capitales de provinces; la route de Bayonne à Cadix en particulier est aussi belle qu'aucune de celles du continent; on pourrait la parcourir avec la même célérité que les routes les mieux servies de France, si d'an-

ciennes habitudes et des craintes peu fondées ne s'opposaient encore aux voyages de nuit.

Dans un avenir très-prochain, sans aucun doute, l'Espagne deviendra une partie obligée de l'itinéraire d'un voyage sur le continent, et fera perdre à la Suisse et à l'Italie la suprématie dont elles jouissent depuis si long-temps. Par opposition à ce qui a lieu dans ces pays si souvent visités, toutes les classes d'observateurs trouveront aujourd'hui dans la Péninsule des faits entièrement nouveaux, des mœurs originales que l'appât du gain n'a point encore façonnées au gré des étrangers, et des émotions que l'esprit de spéculation n'a point toutes classées à l'avance dans un guide du voyageur.

Depuis plus de dix ans l'Espagne s'est enfin arrêtée dans la voie rétrograde qu'elle suit avec une rare persévérance depuis l'époque déjà éloignée de sa grande prospérité. Favorisée par des circonstances politiques dont je n'ai point ici à apprécier l'importance, l'industrie a encore été ici, comme dans beaucoup d'autres lieux, une cause puissante du progrès qui s'est manifesté tout à coup dans plusieurs branches de l'activité humaine. L'industrie minérale en particulier peut, à juste titre, revendiquer la plus grande part à cette révolution toute pacifique.

Influence
de l'industrie
minérale
sur les progrès
récents.

L'Espagne était déjà célèbre dans l'antiquité par l'abondance des richesses minérales que produisaient le sol. Pline qui, en exceptant l'Italie, regardait cette contrée comme la plus belle province de l'empire romain, rapporte en plusieurs points de son Histoire naturelle que, de son temps, on y exploitait un grand nombre de mines de plomb, d'étain, de fer, de cuivre, d'argent,

Mines sous
les Romains.

^{sous}
les Maures.

Décadence
de l'industrie
minérale

d'or et de mercure. L'activité de cette industrie diminua pendant les troubles qui suivirent la chute de l'empire. Les Maures, qui ne se sont jamais appliqués sérieusement à l'exploitation des mines et qui rarement même ont employé la pierre de taille pour la construction de leurs édifices, ne lui donnèrent pas une forte impulsion ; toutefois ils gardèrent en activité un assez grand nombre d'exploitations dans l'ouest de la Péninsule. Mais l'industrie minérale fut presque entièrement anéantie quand les Maures furent expulsés de cette partie de l'Europe. L'Espagne porte encore les fruits amers de l'énergie avec laquelle leurs vainqueurs détruisirent tout ce qui avait été créé par la civilisation de l'Orient ; les souvenirs de cette terrible catastrophe sont encore vivans parmi le peuple, et lorsque le voyageur demande à quelle époque ont été élevés les monumens dont il rencontre fréquemment les ruines, et par quelles mains ont été creusés les souterrains dans lesquels s'exploitaient autrefois toutes sortes de métaux, la tradition lui répond toujours que ces choses se sont faites dans le temps des Maures ;

concéderent quelquefois à bail à des particuliers. Sous cette administration imparfaite, quelques mines, favorisées par des circonstances extraordinaires, donnèrent à leurs exploitans de grandes richesses; mais la prospérité de ces entreprises où les travaux étaient dirigés exclusivement dans l'intérêt du présent, ne fut jamais de longue durée. Les mines de mercure d'Almaden, dont les produits étaient absolument nécessaires aux exploitations de métaux précieux dans la Nouvelle-Espagne, restèrent presque seules en activité, et envoyaient chaque année à Mexico cinq à six mille quintaux de mercure. Vers le milieu du dernier siècle, la mine de Huancavelika, dans le Pérou, qui fournissait précédemment le mercure nécessaire à l'exploitation des minerais argentifères de ce pays, se trouvant épuisée, le besoin de ce métal, se fit alors fortement sentir, et donna une nouvelle activité aux mines d'Almaden, dont la production annuelle fut portée à dix-huit mille quintaux. Toutefois divers accidens causés par les vices de l'exploitation, la guerre qui, au commencement de ce siècle, dévasta la Péninsule pendant cinq années, plus tard, enfin, la lutte d'où sortit l'indépendance des colonies américaines, et qui suspendit pendant plusieurs années l'exploitation des mines du Mexique et du Pérou, amenèrent diverses vicissitudes dans l'état de cette exploitation.

En 1820, à l'exception d'Almaden, des mines de fer de la Biscaye et de quelques autres localités des provinces libres, l'exploitation des métaux était dans une décadence complète. Dans le nord de l'Espagne, l'industrie particulière, presque exclusivement appliquée au travail du fer,

en 1820.

était protégée contre les prétentions de la couronne par des privilèges particuliers; dans les autres provinces, un petit nombre de forges catalanes et de taillanderies, placées dans la dépendance de majorats et de communautés religieuses, fournissaient à l'agriculture et à de grossières industries les produits que l'Espagne ne tirait pas du commerce extérieur; quelques usines élevées par le gouvernement languissaient sur le sol le plus riche en métaux, malgré les avantages qu'assurait à leurs produits le monopole le plus scandaleux.

Progrès
depuis 1820.

C'est dans cet état de choses que survinrent les événemens politiques de 1820. Les réglemens qui entravaient d'une manière si fâcheuse, pour l'Espagne, l'essor de l'industrie minérale en faveur des colonies américaines, qui d'ailleurs s'agitaient déjà pour se soustraire au joug de la métropole, étaient devenus tout-à-fait intolérables dans certaines localités: ils tombèrent immédiatement en désuétude à l'avènement d'une administration nouvelle ayant pour mission de réformer les anciens abus, et un règlement provisoire transporta à cette époque, dans le domaine commun, le droit d'exploiter les richesses minérales. De nouveaux changemens politiques furent heureusement impuissans pour enlever à l'Espagne cette conquête de l'industrie, et une loi des mines rendue le 4 juillet 1825, sur le rapport de don Fausto de Elhuyar, assit l'industrie minérale de l'Espagne sur les principales bases adoptées dans la législation française.

Mines
de plomb
des Alpujarras.

Ces dispositions libérales ne tardèrent pas à porter leurs fruits; et dans le royaume de Grenade en particulier, les efforts de l'industrie pri-

vée produisirent dans le cours de trois années des résultats sans exemple. La population de la contrée montueuse des Alpojarras, qui depuis l'expulsion des Maures vivait dans une misère et une démoralisation profondes, sortit tout à coup de son apathie, en apprenant qu'un monopole odieux avait enfin cessé, et se porta avec ardeur vers l'exploitation des mines de plomb si abondantes dans le pays. Le succès dépassa les espérances les plus exagérées : un petit nombre de mois suffisait souvent pour créer des fortunes à de pauvres paysans que le hasard favorisait ; les exploitans se multiplièrent à l'infini, et dès 1826 plus de 3.500 mines avaient été mises en exploitation dans les *sierras* de Gador et de Lujar. Vers le milieu de l'année 1833, j'appris à Adra que plus de 4.000 puits avaient déjà été creusés dans la seule sierra de Gador. Avant 1820, les usines royales, qui seules avaient le privilège de fondre les minerais qu'elles achetaient au prix que le gouvernement voulait bien fixer, ne produisaient annuellement que 30 à 40.000 quintaux de plomb (1.870.000 kilog.). En 1823, c'est-à-dire trois ans après les premières entreprises, la production s'élevait déjà à 500.000 quintaux (23.400.000 kilog.). En 1827, époque de la plus grande prospérité de la fabrique, la production de ce métal a été portée à la quantité énorme de 800.000 quintaux (37.400.000 kilog.). Depuis 1827, les exploitans n'ayant pu continuer à réduire leurs prix sans renoncer à tout bénéfice, la production s'est trouvée en équilibre avec la demande de métal, et est restée à peu près stationnaire.

Ce prodigieux développement de l'industrie, dans une si courte période, fit une grande sen-

Influence de
la prospérité
des Alpujarras
sur le reste
de l'Espagne.

sation en Espagne, et il est difficile de se représenter l'ardeur avec laquelle toutes les classes de la société dirigèrent leurs spéculations vers l'exploitation des mines. Chacun se crut placé sur un sol qui ne demandait qu'à être entr'ouvert pour livrer à d'heureux inventeurs d'inépuisables trésors, et je ferai connaître ailleurs les nombreuses tentatives que cette disposition des esprits a fait entreprendre, depuis plusieurs années, dans les provinces que j'ai visitées. Malheureusement le défaut d'une direction intelligente, plus encore que le manque de capitaux, vint s'opposer, dans la plupart des cas, au succès des entreprises; l'Espagne ne s'était pas abstenue impunément du mouvement qui, depuis trente ans, avait été imprimé aux sciences dans le reste de l'Europe, et dans une circonstance aussi importante l'industrie s'égara faute de conseils. Les anciens employés de l'administration des mines, dans les colonies américaines, avaient reflué en Europe après l'émancipation des nouvelles républiques, et avaient trouvé dans la métropole une compensation à leurs pertes : ils remplissaient alors les fonctions d'inspecteurs des mines dans les diverses provinces du royaume; mais à part un petit nombre d'hommes distingués formés aux écoles américaines et à celles d'Almaden, ces ingénieurs, élevés dans la pratique de quelque branche spéciale de l'art des mines, ne purent diriger l'élan industriel qui se manifestait de toutes parts.

Encouragements donnés
par le
gouvernement
à l'art
des mines.

D'un autre côté, le développement subit de l'industrie minérale dans le royaume de Grenade fut pour le gouvernement un haut enseignement; il comprit que l'intérêt de l'état était de combattre une ignorance qui avait fait méconnaître

pendant si long-temps une source aussi puissante de richesses. Toutes sortes d'encouragemens furent donnés à l'art des mines; deux écoles furent créées, l'une à Madrid, l'autre à Almaden : plusieurs élèves furent envoyés à l'école de Freyberg en Saxe, avec mission d'étudier l'état de l'art des mines dans cette partie de l'Allemagne : sans doute la nouvelle direction imprimée aujourd'hui à la politique de l'Espagne ne privera pas plus long-temps ses élèves mineurs des lumières qu'ils peuvent recueillir dans d'autres écoles non moins célèbres ni moins hospitalières.

Plusieurs hommes distingués, bannis à la suite des événemens politiques, avaient mis à profit leur séjour à l'étranger pour y étudier les sciences et les procédés de l'industrie; la plupart d'entr'eux furent rappelés, et vinrent prouver à leurs concitoyens qu'ils avaient su employer utilement pour leur pays les loisirs de l'exil. L'un d'eux, M. Vallejo, qui avait puisé dans les leçons des savaus professeurs de Paris le goût des sciences minéralogiques, fut chargé de la description géologique de l'Espagne, et s'occupe aujourd'hui de remplir cette utile mission. M. de Erlorza, officier d'artillerie, après avoir étudié l'industrie du fer dans les usines de l'Angleterre, de la Belgique, du Hartz, du Piémont et de la France, fût chargé de naturaliser en Espagne les procédés suivis sur le reste du continent. Par ses soins, les riches minerais de fer des environs de Marbella et du Pedroso (Andalousie), sont aujourd'hui traités dans de belles usines, où cet habile ingénieur a introduit les procédés de fabrication les plus récents qu'il a su heureusement approprier aux circonstances locales. Des perfectionnemens se

Progrès
l'indust
minéral

à Marbel

au Pedro

Galice.

font en ce moment, par ses conseils, aux usines à fer de la Galice, et ceux-ci l'étendront sans doute, de proche en proche, dans les diverses localités du nord de l'Espagne.

Almaden.

Rio-Tinto.

Alcaraz.

Linarès.

dans
Asturies.

Pendant la courte période que je viens de signaler, l'exploitation des autres substances minérales a également reçu une nouvelle impulsion : la production du mercure dans la contrée d'Almaden a encore augmenté ; l'exploitation des anciennes mines de cuivre de Rio-Tinto, négligée pendant que les cuivres de la côte occidentale de l'Amérique du sud arrivaient librement à Cadix, a été poussée avec activité depuis la révolte des colonies. Les puissans dépôts de calamine d'Alcaraz, dans la partie orientale de la Manche, sont exploités aujourd'hui avec succès. Les mines de plomb de Linarès, dans le royaume de Jaen, et de Falsete en Catalogne, ont donné de notables produits, malgré la concurrence redoutable de la sierra de Gador. On a commencé à tirer parti des minerais de cuivre qui se trouvent à Linarès, dans le voisinage de la sierra de Gador et dans plusieurs autres localités. Aux environs d'Oviedo, dans les Asturies, de puissantes mines de houille, qui malheureusement ne sont encore liées avec la côte que par des communications très-difficiles, exportent, pour les établissemens métallurgiques de la côte de l'Andalousie, des produits qui, de jour en jour, deviennent plus abondans. Dans la même province, mais dans une situation plus favorable, près de la rivière d'Avilès, une compagnie commence aujourd'hui à exploiter les mêmes formations houillères. Ces mines, dont la galerie principale débouche sur le rivage de la mer,

se disposent à exporter leur combustible : nul doute que celui-ci n'arrive bientôt dans les bassins de la Garonne, de la Charente et de la Loire, et que l'exploitation d'Avilès ne soit appelée à une haute prospérité. Dans une autre partie de l'Espagne, le petit bassin houiller de Villa-Nueva-del-Rio situé à huit lieues au-dessus de Séville, est exploité avec une activité croissante, et fournit un bon combustible aux bateaux à vapeur qui parcourent maintenant en douze heures le trajet de Séville à Cadiz.

Plusieurs substances minérales ne s'exploitent qu'en un petit nombre de localités : bien différentes en cela des produits agricoles, qui la plupart se consomment sur les lieux de production, ces substances doivent aller chercher des marchés éloignés; aussi la création de nouveaux centres de production, placés dans des circonstances naturelles très-favorables, a souvent une forte réaction sur l'industrie des autres contrées : c'est ce qui est arrivé depuis douze ans pour le commerce du plomb, et j'ai indiqué ailleurs (*Ann. des mines*, 3^e s., t. II, p. 517) l'influence des exploitations de la sierra de Gador sur l'industrie de quelques parties de l'Europe. Par suite des tendances que j'ai signalées, nos voisins ne tarderont guères à tirer parti des richesses que renferme le sol de la Péninsule. Il importe donc au producteur français de prévoir les progrès que ceux-ci pourront faire dans l'exploitation des mines, et, sous ce point de vue, les résultats d'une mission, ayant pour objet d'étudier quelques-unes de ces questions, ne seront point sans intérêt pour les personnes qui dirigent en France leurs spéculations vers le même objet.

Notion
sur l'indus
espagno
utile à
à l'indus
français

En attendant l'occasion de traiter avec détail plusieurs questions spéciales, je me propose de donner ici un court aperçu des localités que j'ai eu occasion de visiter dans un voyage de trois mois, et de présenter à ce propos un résumé des principaux résultats de mes observations (1).

Itinéraire dans
les Deux-
Castilles.

Irun.

Ne pouvant disposer que d'un temps très-limité pour visiter le sud de l'Espagne, j'ai dû nécessairement parcourir avec rapidité la route de Bayonne à Madrid, mais non sans regretter de ne pouvoir étudier avec détail plusieurs questions géologiques d'un haut intérêt. La route que l'on suit ordinairement passe par Irun, Tolosa, Bergara, Salinas, Vittoria, Miranda, Pancorbo, Briviesca, Burgos, Lerma, Aranda, traverse peu après cette ville la chaîne du Sommo-Sierra, et conduit à Madrid par Buitrago, la Venta de la Cabrera, et Alcovendas.

Vittoria.

Les observations inédites de MM. Vallejo, Dufrénoy et Élie de Beaumont m'avaient fait connaître la nature géologique de la contrée que traverse cette route jusqu'aux défilés de Pancorbo. L'action puissante qui a donné aux Pyrénées leur relief actuel s'est fait sentir fortement jusqu'à Vittoria, et a reculé jusqu'au village d'Arganson, à 2 myriamètres de Vittoria, le rivage de la mer dans laquelle se sont disposés les terrains tertiaires. Ce rivage, ainsi que la limite des deux étages du terrain crétacé, est parallèle à la direction des deux rives principales des Pyrénées, dirigées approximativement de l'O. 18° N. à l'E. 18° S. Il

(1) On peut suivre aisément tous les détails géographiques de cet itinéraire, au moyen des deux cartes que M. Bory de Saint-Vincent a jointes à son excellent ouvrage sur la Géographie physique de la Péninsule.

résulte de cette disposition que la Biscaye, la Navarre et le nord de l'Arragon présentent une constitution géologique d'une grande simplicité, et que la route de Bayonne à Madrid, à peu près perpendiculaire à la direction de la chaîne, est la coupe la plus favorable pour l'étude des deux bandes du terrain crétacé au-dessous duquel apparaissent seulement çà et là quelques lambeaux de terrain jurassique.

Depuis les bords de l'Ebre à Miranda, jusqu'au pied du Sommo-Sierra, on traverse, sans sortir de la Vieille-Castille, une plaine immense dont aucune description ne pourrait faire concevoir la fatigante uniformité. Toutefois, bien qu'elle ne présente qu'un sol peu varié, j'ai lieu de penser que le géologue peut y observer une foule de faits propres à éclairer l'histoire des révolutions qui ont contribué successivement à façonner le sol de la Péninsule. Au milieu des conjectures qui m'ont été suggérées par un examen rapide, il m'a semblé que les plateaux de la Vieille et de la Nouvelle-Castille devaient leur élévation actuelle à une action très-récente, et postérieure au dépôt des terrains tertiaires plus modernes. J'ai cru reconnaître en effet que la surface du sol était formée presque exclusivement de masses tertiaires composées de marnes calcaires, de gypse et de calcaires très-compactes : au-dessus de ces roches stratifiées, j'ai observé, dans un grand nombre de points, des amas fort épais de sables et de galets très-arrondis.

Les couches tertiaires se présentent avec une épaisseur considérable dans les hautes collines qui avoisinent Briviesca (Vieille-Castille), et dans le plateau ondulé qui s'étend au sud de Madrid sur

Constitution
géologique
la Vieille
Castille

Terrain
tertiaire
stratifié

la route de l'Andalousie : on les observe très-bien à la Cuesta de la Reyna, sur les flancs de la vaste coupure qui existe dans ce plateau aux environs d'Aranjuez, et au fond de laquelle se réunissent les deux fleuves du Tage et du Jarama.

terrain de
transport
ancien.

Le terrain de sables et de galets, qui, selon toute apparence, est contemporain du terrain de transport ancien disloqué par le redressement de la chaîne principale des Alpes, se montre çà et là sur le sol de la Vieille-Castille, et surtout sur le pied septentrional du Sommo-Sierra. Ce terrain de transport a une grande épaisseur dans les plaines que traverse la route de Madrid en Estramadure, entre le Tage et les cimes neigeuses qui séparent la Vieille de la Nouvelle-Castille.

tendue
terrains
actuels.

La mer dans laquelle se déposaient ces terrains devait s'étendre dans la direction de Bayonne à Cadiz, depuis les environs d'Arganson dans la Biscaye, jusqu'aux terrains montueux qui annoncent l'approche des défilés de la Sierra-Morena au voyageur qui se rend de Madrid en Andalousie : cette mer s'étendait sur une grande partie de l'Arragon et communiquait sans doute avec la Méditerranée par une ouverture au travers de la contrée montueuse qui dessinait déjà les côtes de Valence et de la Catalogne. C'était là probablement l'ancien détroit de Gibraltar : car l'Espagne méridionale, unie encore à l'Afrique par des rapports si nombreux, ne paraît être séparée que depuis hier de la chaîne de l'Atlas. La continuité de cette petite Méditerranée n'était interrompue, dans la direction indiquée, que par le long promontoire du Sommo-Sierra et du Guadarrama, lequel se rattachait vers l'O.-S. aux contrées montueuses de l'Estramadure et de la province de Salaman-

que. Quelques îlots, qu'un examen attentif de la contrée pourrait seul faire connaître, s'élevaient çà et là au-dessus des eaux : telle est la petite chaîne de Pancorbo qui, suivant M. Elie de Beau-

Pancorbo

mont avait déjà pris une partie de son relief actuel avant le dépôt du second étage du terrain crétacé.

Le changement de cet état de choses me paraît devoir être rapporté à l'époque du soulèvement de la chaîne principale des Alpes ; il est sans doute en connexion intime avec une série de dislocations dont M. Dufrénoy a fait connaître l'existence dans le voisinage de la chaîne des Pyrénées et dont il a plus tard suivi les traces dans diverses parties de la Biscaye et de la Catalogne. La nature moderne du sol, la direction de plusieurs chaînes de montagnes ; celle des cours d'eau qui prennent leur source dans l'Espagne centrale, et, enfin, dans plusieurs points, la stratification des roches sont, à mon avis, des traces suffisantes d'une révolution contemporaine de l'apparition des ophites.

Époque de
soulèvement
de l'Espagne
centrale

Cette révolution n'a guères produit dans les Castilles de grandes lignes de fracture ; elle paraît avoir élevé leurs plateaux d'un seul jet, en agissant à la fois sur une grande surface. Dans plusieurs localités, et notamment aux environs de Briviesca, les couches tertiaires n'ont qu'une faible inclinaison ; cependant on reconnaît aisément que tout le centre de l'Espagne, et en particulier le plateau qui s'étend du Manzanarès au Jarama, présentent souvent des traces de dislocations locales : la colline de Vallecas, près de Madrid, en est un exemple remarquable. Je ne pense pas que les ophites se rencontrent fréquemment dans les

Castilles; l'épanouissement à la surface de ces roches cristallines s'est sans doute opéré principalement dans les lignes de fracture qui bordaient les formations tertiaires : toutefois elles ont produit çà et là des rides qui ont amené à la surface les dépôts plus anciens, et qui plus souvent peut-être ont simplement modifié des rides déjà existantes.

Chaîne
nitique
Sommo-
Sierra.

La chaîne du Sommo-Sierra, dont quelques cimes élevées conservent de la neige pendant toute l'année, est presque entièrement composée de granite qui a brisé à une époque déjà fort ancienne une épaisse couche de gneiss et de mica-schistes. L'œil du voyageur, fatigué de la monotonie de la longue plaine qu'il vient de traverser, se repose avec plaisir sur le sol hérissé de rochers qui s'étend en pente assez douce depuis Buitrago jusqu'à la Venta. Il observe avec intérêt les masses granitiques décomposées en partie par l'action des siècles; cette décomposition a donné lieu à des fragmens énormes, isolés l'un de l'autre, et composant des collines entières où ils paraissent entassés par une force surnaturelle.

ation de
Madrid.

Manzanarès.

Aucune description ne peut donner une idée de l'aspect de désolation que la destruction totale des arbres imprime aux plateaux des Castilles et de la Manche. Il ne reste plus trace des forêts qui embellissaient autrefois ces contrées : rien d'ailleurs dans la plaine, qui s'étend du Sommo-Sierra à Madrid, ne peut faire soupçonner l'approche d'une capitale. Madrid, véritable oasis au milieu d'un désert, est situé sur le plateau, et sur le bord de la dépression assez profonde dans laquelle coule le Manzanarès. Cette rivière, qui dès la fin d'avril n'est guères composée que de quelques

filets d'eau qui baignent çà et là un fond sableux, est tout-à-fait extérieure à la ville. Une distance de deux à trois cents mètres sépare la porte de Tolède d'un pont très-somptueux, dont la solidité et les proportions gigantesques sont bien peu en harmonie avec la nature de l'obstacle qu'il avait à vaincre.

On ne doit pas s'attendre à rencontrer à Madrid ces institutions scientifiques et ces belles collections qui, dans les autres capitales de l'Europe, permettent au naturaliste de jeter un coup d'œil général sur les diverses provinces. On peut cependant visiter un cabinet d'histoire naturelle où le règne minéral en particulier est représenté par des échantillons de la plus grande richesse empruntés au sol de la métropole et des colonies américaines ; malheureusement cette collection se trouve encore dans l'état où la science l'avait rangée sous le règne de Charles III. Dans ces dernières années le gouvernement a créé à Madrid une école des mines : plusieurs parties de cet établissement ont été montées avec une véritable somptuosité ; toutefois, la direction des mines n'a encore pu réaliser les espérances que l'on avait fondées sur cette école : il est difficile d'y réunir des jeunes gens déjà versés dans la connaissance des sciences élémentaires ; les élèves y sont d'ailleurs privés des moyens d'instruction les plus indispensables, et par exemple d'une bibliothèque un peu étendue, de collections de minéraux et de machines ; à cet égard, presque tout reste encore à créer.

École des
mines.

La grande route de Madrid en Estramadure De Madrid en
traverse de vastes plaines qui s'élèvent en pente Estramadure.
douce, des bords du Tage au pays montueux do-

terrain de
transport
ancien.

Talaveyra-de-
la-Reyna.

miné par les cimes neigeuses du Guadarrama et des provinces d'Avila et de Salamanque. Le sol est formé principalement d'argiles, de sables et de cailloux roulés : on reconnaît aisément dans plusieurs ravins profonds qui sillonnent le pays que cette formation a une épaisseur considérable. La plus grande partie de sa surface est inculte; mais l'abondante moisson de lavandes et de légumineuses de toutes sortes qui recouvrent naturellement ce sol fertile, prouve suffisamment que la culture en tirera un jour de grandes ressources. C'est surtout aux environs de Talaveyra-de-la-Reyna que la richesse du sol devient remarquable. La chaîne de montagnes que l'on aperçoit constamment à droite de la route, depuis Madrid jusqu'au pont d'Almaraz, envoie vers ce point un chaînon qui réduit la plaine à une très-petite largeur. La ville est située à une petite distance du Tage, au pied de ces collines : elle est entourée d'une très-belle culture : des piles d'aqueducs, qui s'élèvent çà et là au-dessus des bois d'oliviers, indiquent encore le soin avec lequel les Arabes ont cultivé ce pays.

Navalmoral.

Au delà de Talaveyra, le terrain tertiaire supérieur s'est encore déposé en petite quantité dans le golfe étroit compris entre les montagnes d'Avila et la Sierra de Guadalupe qui borde la rive gauche du Tage; mais à partir de Navalmoral petit bourg déjà situé sur le granite, on atteint les formations de roches anciennes qui composent la plus grande partie du sol de l'Estramadure, et dont les accidens variés donnent à cette belle province de l'Espagne un aspect si différent de celui des Castilles.

Almaraz.

C'est seulement à partir d'Almaraz qu'ont com-

acé les observations suivies qu'un séjour de six mois environ m'a permis de faire dans la contrée comprise entre le Tage et le Guadalquivir. Libre enfin de remplacer par des études plus approfondies les observations linéaires diligences, j'ai pu recueillir beaucoup de détails, la constitution géologique et sur l'industrie générale de cette partie de l'Espagne. Je n'en ferai ici qu'un résumé très-succinct, en essayant de présenter un aperçu de la physionomie générale de cette contrée.

Cette étendue considérable, qui comprend la majeure partie de l'Estramadure, l'extrémité occidentale de la Manche et les parties septentrionales des provinces de Cordoue et de Séville, que très-peu participé, sous le rapport des améliorations matérielles, aux progrès qui ont faits, ces dernières années, dans les autres provinces de la Péninsule : on en observe à peine quelques traces sur la lisière de la grande route Badajoz, la seule qui, dans tout ce pays, soit servie par une entreprise régulière de diligences. Le géologue, qui veut visiter avec fruit ces contrées, doit constamment avoir à sa disposition des moyens de se passer des ressources ordinaires de la civilisation. Bien que je n'aie vu que très-rarement se réaliser les sinistres prédictions dont les Espagnols sont si prodigues, il est certain toutefois que la loi, si puissante aujourd'hui dans l'Europe centrale, n'étend ici sur le voyageur qu'une protection bien insuffisante. La nécessité de trouver dans une petite caravane une défense contre le danger, n'est pas une des circonstances les moins importantes d'un pareil voyage. Le fusil n'est guères moins nécessaire que le marteau au géologue qui

Difficulté d'un voyage en Estramadure.

veut interroger le sol avec sécurité dans une contrée où le moissonneur ne va jamais aux champs sans être armé comme pour le combat : dans ces longues excursions où l'on ne peut trouver un asile pour la nuit qu'au milieu de solitudes recouvertes de buissons de palmiers à toute tige, d'aloès-pitte, et de figuiers de Barbarie, on peut oublier aisément que ces mœurs singulières et cette nature africaine appartiennent encore à l'Europe.

La grande route de l'Estramadure traversait autrefois le Tage sur un pont qui a été ruiné en 1812 lors de la retraite des armées françaises : depuis ce temps il n'a pas été rétabli. Sur la rive gauche du Tage s'élève, avec une pente rapide, une haute chaîne de montagnes qui forme pour cette partie de l'Estramadure un rempart naturel : la route d'Almaraz à Trujillo la traverse dans un col fort élevé, nommé le Puerto de Miravete. De ce point culminant, où l'œil embrasse la vue la plus étendue, on descend jusqu'à la ville de Trujillo au travers d'une contrée montueuse, couverte de forêts d'yeuses et de buissons de genets et de cistes, dans laquelle le bourg de Jaraicejo a seul un peu d'importance. Trujillo, où naquit Pizarre, conquérant du Pérou, occupe une position pittoresque sur les flancs d'une colline granitique dont le sommet est dominé par un vieux château gothique. Cette ville est le centre d'un commerce de laines fort étendu ; des étrangers, attirés par ce motif, y ont introduit des habitudes de civilisation.

Les granites de la Sierra de Guadalupe sont séparés de ceux de Trujillo par une bande de terrains schisteux de transition : ceux-ci sont stratifiés régulièrement suivant une direction qui coïn-

exactement avec celle de la limite géographique de la Manche et de l'Estramadure, située myriamètres environ à l'est de Trujillo. Cette trée montueuse, sillonnée de crêtes escarpées sont le prolongement des montagnes du rto de Miravete, est baignée par le Rio-Gar- et le Rio-del-Monte. Elle ne contient qu'un nombre de villages, et se termine, vers le , un peu au delà de Logrosan : on peut ment constater dans cette excursion que les stagnes de chaux phosphatée, qui ont été silées aux environs de ce dernier bourg, n'ont une existence réelle. Les récits fabuleux qui été faits de l'abondance de ce minéral dans tramadure ont uniquement pour base quelques petits filons de quartz et de chaux phosphatée compacte et testacée qui se rencontrent en leurs points de cette formation, notamment portes de Logrosan.

Chaux
phosphatée de
Logrosan.

En se dirigeant de Logrosan à Almaden dans direction du sud-est, on traverse d'abord une que plaine basse baignée par le Rio-Gargaliga : ruisseau et ses nombreux affluens favorisent végétation de véritables forêts de cistes ladani- s qui s'élèvent au moins à une hauteur de six res. Le sol est recouvert d'une formation de sport ancien principalement composée de ts roulés : elle se lie, en suivant le cours du eau, aux formations modernes au milieu des- les coule le Guadiana depuis la ville de la ena jusqu'à son entrée dans le Portugal.

En suivant la direction indiquée vers le sud-est, traverse le Guadiana à la hauteur des Casas de Pédro. En ce point le fleuve est encaissé dans vaste plateau de transition ; lui-ci se rattache

Plateau de
transition du
Guadiana.

à un système tout différent de celui de Logrosan , et s'étend au loin sur la rive gauche du fleuve. Tout ce pays, qui nourrit de nombreux troupeaux de mérinos , ne présente guères de culture que sur le bord des ruisseaux où le laurier rose, si commun vers le sud, commence déjà à apparaître. Sur le bord du Guadiana sont situés les beaux villages de Talarrubias et de la Puebla-d'Alcocer, dans le voisinage desquels se trouvent de riches minerais de cuivre et de fer. Vers le sud-est, en se dirigeant vers la frontière de la Manche, par les bords du Guadamela, on ne rencontre qu'un petit nombre de villages assez pauvres : ce district n'est qu'un fertile désert où des colonies d'abeilles s'occupent seules à exploiter en faveur de l'homme les libéralités de la nature.

Situation
d'Almaden.

Le gros bourg d'Almaden, assis sur la crête des riches filons qui ont rendu cette contrée classique pour tous les mineurs, m'a rappelé les villes de Clausthall et de Zellerfeld, dans le Hartz, identifiées comme lui avec le gîte minéral qui leur a donné naissance. Almaden a encore avec le Hartz d'autres points de ressemblance; les mœurs allemandes y ont été introduites peu à peu à diverses époques; aussi après avoir erré pendant un mois au milieu d'une civilisation que je comprenais à peine, je me suis trouvé heureux de rencontrer sur les confins de la Manche, parmi les mineurs d'Almaden, les mêmes sentimens de fraternité qui avaient attaché de si agréables souvenirs au voyage que, trois ans auparavant, j'avais fait dans le nord de l'Allemagne.

Mines
de mercure
d'Almaden.

Les mines d'Almaden, situées dans la province de la Manche, près de la frontière commune de l'Estramadure et du royaume de Cordoue,

ont un développement d'industrie aussi étonnant que les mines les plus célèbres du monde, de la Saxe et de la Hongrie. Elles sont exploitées depuis une haute antiquité, et Plin, les Grecs en tiraient déjà du ver-
 700 ans avant notre ère. On voit aussi, le même auteur, qu'elles ont été travaillées par les Romains, et que Rome en tirait annuellement 100.000 livres de cinabre.

exploitées
 depuis
 une haute
 antiquité.

On a trouvé l'exploitation dans la situation la plus florissante; la production annuelle est arrivée à un chiffre que ces mines n'avaient jamais atteint : en 1827 les ateliers d'exploitation sont aménagés de manière à fournir annuellement 22.000 quintaux (1.029.000 kilog.) de mercure. A l'époque de l'année où les travaux ont la plus grande activité, plus de 700 ouvriers, qui se succèdent en trois postes différens, sont employés aux divers travaux souterrains; 200 hommes travaillent à la surface à l'extraction, au transport des minerais et à l'exploitation des matériaux de construction. De nombreux muletiers sont constamment occupés à transporter le mercure à Séville et à rapporter en retour à la mine, du fer, des bois de charpente, de la poudre et des approvisionnemens de toute sorte. Les filons sont très puissans, que, malgré une exploitation prolongée pendant un grand nombre de siècles, les mineurs n'ont encore atteint qu'une profondeur de 300 mètres (un peu moins de 300 mètres). Dans les pratiques pratiquées aujourd'hui au fond du filon principal, la masse de minéral exploitable est considérable et sans aucun mélange de parties stériles, d'une épaisseur de 15 mètres de puissance; mais cette épaisseur est encore beaucoup plus considérable au

Prosperité
 actuelle.

Puissance
 des filons.

point d'intersection des filons. Par suite de la direction rationnelle donnée aujourd'hui aux travaux, on extrait toute la masse du filon sans y laisser une parcelle de minerai : celui-ci est immédiatement traité aux fourneaux de distillation sans aucune espèce de préparation mécanique ; il rend moyennement 10 pour 100 de mercure ; mais il est probable que sa teneur moyenne est notablement plus élevée.

**abondance
minerais de
mercure dans
contrée.** Les minerais de mercure ne s'exploitent pas seulement dans les mines dont je viens de parler ; on les retrouve encore en un grand nombre de points, dans la direction d'une bande assez puissante qui, passant par Almaden et dirigée à peu près de l'est à l'ouest comme les filons principaux, s'étend sur une longueur de deux myriamètres depuis le bourg de Chillon jusqu'au delà d'Almadenejos. Ce dernier bourg est lui-même un centre important d'industrie minérale ; plusieurs mines situées dans le voisinage fournissent un minerai semblable à celui d'Almaden ; elles ont donné antérieurement d'abondants produits ; mais les filons anciens étant presque épuisés, on n'y fait plus aujourd'hui que des travaux de recherche. Les usines d'Almadenejos sont alimentées presque exclusivement par un minerai que l'on exploite depuis peu, vers l'est de ce bourg, sur les bords du ruisseau de Balde Azogues : c'est un schiste noirâtre abondamment imprégné de mercure métallique et dans lequel on n'aperçoit que très-peu de cinabre.

**Usines
Almaden et
Almadenejos.** Les minerais fournis par ces diverses exploitations sont traités dans treize fourneaux doubles, nommés *Buytrones*, dans lesquels s'effectue la réduction par le procédé espagnol, et dans un

l'énergie des conquérans du Pérou et du Mexique, et qui possédera toutes les vertus le jour où il aura les moyens d'exercer son activité.

Almaden
Cordoue. La route d'Almaden à Cordoue présente une coupe fort intéressante de la Sierra-Morena : les muletiers établissent seuls des communications entre ces deux villes, et parcourent aisément ce trajet en trois journées de marche, en faisant les stations obligées dans les villages de Torremilano. Torremilano. Villaharta. mais ces journées sont extrêmement longues et pénibles pour le géologue qui, renonçant aux avantages douteux de ces uniques lieux de refuge, s'écarte du sentier battu pour étudier avec détail la transition du plateau ancien de la rive gauche du Guadiana, à la contrée beaucoup plus montueuse de la Sierra - Morena. Jusqu'au pied de la Sierra la contrée est baignée par les affluens du Guadiana. L'un des plus considérables, le Rio-Guadalmez, est bordé au nord par une petite chaîne de montagnes produite par les révolutions les plus anciennes qui aient agi dans cette contrée : des sommets de cette chaîne on aperçoit, vers le nord-est, la plaine de Montiel. plaine de Montiel. La Sierra-Morena, dont le versant méridional s'élève brusquement au-dessus de la plaine de l'Andalousie, ne présente vers le nord que des pentes assez douces qui se rattachent aux plateaux déjà fort élevés de la Manche et de l'Estramadure. La lisière septentrionale de cette chaîne est composée de montagnes aux formes arrondies, sur lesquelles on est étonné de ne pas rencontrer la moindre trace de ces épaisses forêts que l'imagination prête ordinairement aux montagnes désertes. Vues de loin, elles paraissent nues et arides; mais en

approchant on reconnaît bientôt qu'elles sont recouvertes de cette singulière végétation de buissons touffus qui recouvre la moitié du sol de l'Estremadure, et dont, à défaut de plus grands végétaux, les arts métallurgiques pourront un jour tirer un grand parti ; aujourd'hui même ces buissons, mis en coupe réglée, alimentent exclusivement les fourneaux de distillation d'Almaden. Dans ces forêts en miniature dominant l'arbousier, le pistachier, et surtout de nombreuses espèces de cistes dont la floraison dissimule, pendant le cours du mois de mai, l'aspect de tristesse particulier à ces montagnes. Au sud de la Sierra, sur les hauteurs qui dominant les pentes escarpées au pied desquelles coule le Guadalquivir, on rencontre çà et là des bouquets de pins d'une assez belle venue, mais qui bientôt auront tout-à-fait disparu ; un violent incendie dont on peut encore apprécier les ravages, a dévoré il y a peu d'années la plus grande partie de la forêt ; mais l'indifférence ou plutôt l'aversion pour ces utiles productions du sol est tellement grande en Espagne, que ce malheureux événement a laissé à peine une trace dans le souvenir des habitans de la contrée.

Cordoue est situé dans la position la plus heureuse sur la rive droite du Guadalquivir, au pied de la pente escarpée de la Sierra-Morena, et à la naissance de la plaine qui s'étend au loin sur la rive gauche. On retrouve au pied de la chaîne et même à une certaine hauteur sur ses pentes, le terrain de galets si abondant au nord du Tage : en ce point il recouvre des calcaires coquillers renfermant des fossiles identiques avec ceux des terrains tertiaires de la Corse. Toute la plaine basse de l'Andalousie paraît être également composée de

Combustibles
de la
Sierra-Morena

Cordoue

Terrains
tertiaires

terrains très-modernes contemporains de ceux de Castilles; mais ces terrains présentent des caractères minéralogiques assez différens : les mers dans lesquelles ils le déposaient étaient déjà séparées en grande partie par le promontoire de la Sierra-Morena.

Terrains
anciens
stratifiés
la Sierra.

Terrain
carbonifère
d'Espiel.

Granites
Benalcazar.

Physionomie
de
Estramadure
centrale.

On observe très-bien les terrains tertiaires coquillers, en longeant pendant quelque temps, vers le nord-ouest de Cordoue, le pied de la Sierra-Morena : en traversant de nouveau les montagnes dans la direction du sud-est au nord-ouest, on quitte bientôt les terrains tertiaires et l'on retrouve les roches anciennes stratifiées, dans de profondes solitudes au milieu desquelles il serait très-difficile de tracer un itinéraire à l'aide de lieux habités. La partie de ces montagnes, connue sous le nom de Dehesa de las Siete Villas, est le type le plus prononcé du caractère sauvage de toute cette contrée. En partant des bords du Rio-Guadamelato, on peut faire une journée de 6 myriamètres sans rencontrer la moindre trace de la présence de l'homme avant le petit village d'Espiel, où l'on trouve un accueil assez hospitalier. Aux environs de ce village il existe un terrain carbonifère qui paraît suivre la direction du Rio-Guadiato.

En continuant de me diriger vers le nord-nord-ouest, j'ai bientôt quitté les montagnes pour entrer dans la plaine granitique de Hinojosa et de Benalcazar qui entoure de ce côté la Sierra d'une ceinture de riches moissons. On rentre enfin, au delà de ce dernier bourg, dans la contrée montueuse de transition qui borde toute la rive gauche du Guadiana à son entrée dans l'Estramadure. C'est sans contredit la partie la plus originale de cette province : ses plateaux ondulés, couverts

d'une herbe fine et épaisse, sont livrés exclusivement aux mérinos : de longues chaînes de montagnes hautes et étroites, à section transversale conique et très-aiguë, s'élèvent brusquement au-dessus de ces plateaux qu'elles sillonnent de toutes parts. En voyant leurs formes tranchées, leur direction rectiligne et leurs pentes abruptes surmontées d'une crête quartzeuse dentelée, souvent inaccessible, on peut penser que la désignation ordinaire de Sierra (scie) a pris naissance dans cette partie de l'Espagne. De gros bourgs, tels que Cabeza-del-Buey, la Puebla-d'Acocer, Castuera, Campanario, etc., contenant chacun plusieurs milliers d'habitans, sont assis sur les pentes de ces petites chaînes partout où il y a de bonnes sources d'eau : ils sont environnés d'une belle culture, qui s'étend souvent à une grande distance des villages, lorsque l'abondance des roches éparses à la surface a permis d'élever autour des moissons un rempart contre la dent destructrice du mérinos. Les couvens, si communs ailleurs, sont très-rares dans cette partie de l'Espagne, qui se trouve toute disposée à recevoir les réformes que veut y introduire l'administration nouvelle. L'esprit public, qui a valu à cette contrée le surnom d'*Estados-Unidos*, y a déjà favorisé l'établissement de plusieurs industries : l'exploitation des gîtes minéraux de nature très-variée qui s'y rencontrent fréquemment, aura sans doute une heureuse influence sur son avenir.

Les terrains anciens de la rive gauche du Guadiana se terminent à peu de distance au-dessous d'Orellana, entre ce bourg et la ville de la Serena. A partir de ce point jusqu'à son entrée en Portugal, le fleuve coule dans une contrée basse

Cabeza
del-Buey

Terrain
tertiaire
du Guadiana

bordée de quelques petites collines : le sol de cette plaine formé du terrain de transport dont j'ai déjà parlé souvent, jouit presque partout d'une grande fertilité : on y rencontre plusieurs villes populeuses qui renferment beaucoup de ruines romaines bien conservées. Don Benito, Medellin où est né Fernand Cortez, Villa-Nueva-de-la-Serena, Merida, Talaveyra, Badajoz, indiquent assez bien, par leur position, l'étendue du terrain tertiaire. Les environs des quatre premières villes fournissent au reste du pays une grande variété de productions agricoles : les laboureurs m'ont souvent assuré que les terres cultivées en froment y rendent communément 30 grains pour un. La plaine de la Serena est sans contredit l'une des plus fertiles de l'Espagne.

rra de
achos.

On trouve une assez bonne coupe du passage des terrains anciens qui forment les pâturages de la Serena aux terrains tertiaires de Badajoz, en passant par Castuera, Quintana, Guarena, Calamonte, la Sierra de San-Servan, Lobon, Talaveyra et Badajoz : mais si l'on renonçait à visiter la plaine de la Serena et les bords du fleuve, on recueillerait sans doute des faits intéressans en se dirigeant sur Badajoz par la sierra de Hornachos ; on traverserait ensuite les riches plaines tertiaires de Villa-Franca et d'Almendralejo, qui forment vers le sud un golfe profond dans le terrain de transition. Le temps dont j'avais à disposer ne m'a pas permis de visiter cette chaîne qui élève brusquement son massif isolé au-dessus du plateau de transition qui l'entoure avec les mêmes apparences que présente de loin au navigateur une île à bords très-escarpés.

Badajoz, capitale de l'Estramadure, est située

sur une petite chaîne de collines tertiaires transversale au Guadiana : ce fleuve paraît s'y être frayé un passage de vive force ; c'est du moins ce qu'indiquent les escarpemens entre lesquels il est encaissé sur une longueur d'une centaine de mètres. J'ai recueilli plusieurs faits curieux dans ces collines, où les couches ont été fortement redressées, et où les dislocations d'un calcaire coquiller, passant à des bancs puissans de dolomie, sont en connexion intime avec des infiltrations de roches cristallines de diallage et d'hypersthène : ces dernières roches se présentent aussi très-fréquemment dans les autres parties de l'Estramadure, notamment près d'Albuquerque, de Guarena, d'Almaden, de Cazalla, etc.

Collines
tertiaires
de Badajoz.

Les sables tertiaires de la plaine du Guadiana s'étendent vers le nord-nord-ouest, comme la route de Badajoz à Albuquerque, parallèlement à la frontière de Portugal. La chaîne de montagnes, dont le château d'Albuquerque occupe un des points les plus élevés, sert de limite vers le nord à cette formation, et présente sur son versant occidental les mêmes alternances de schistes et de roches quartzeuses que j'ai signalées dans le sud-est de l'Estramadure. La composition minéralogique du sol est identique avec celle du pays d'Almaden, et présente des accidens de même nature : les couches redressées des deux terrains sont d'ailleurs dans la direction d'un même système de fractures : quant au versant oriental de la même chaîne, il est entièrement formé de granite.

Chaîne
d'Albuquerque.

Dans le but de reconnaître la liaison qui existe entre cette chaîne et les formations granitiques que j'avais précédemment observées près de Trujillo, je me dirigeai, en quittant Albuquerque, vers Cacerès, capitale de la Haute-Estramadure.

Malpartida.

Cacerès.

Dans toute cette excursion , on ne rencontre point de terrains modernes , mais on peut observer des accidens curieux dans la succession des granites aux schistes et aux grauweekes de transition. D'Albuquerque à Malpartida , bourg situé sur une plaine granitique bien cultivée à peu de distance de Cacerès , j'ai parcouru un trajet de 5 myriamètres sans rencontrer aucun lieu habité ; aussi les formations de schiste et de grauwake ont-elles conservé leurs belles forêts de chênes verts et de liéges. Par opposition , les plateaux granitiques qui s'étendent à l'est d'Albuquerque sont absolument dénués de végétation ; ces arides déserts, qui m'ont rappelé les descriptions de plusieurs parties de l'Arabie , sont recouverts de roches et de blocs entassés , au milieu desquels il est souvent difficile de se frayer un chemin.

Chaîne
granitique de
Montanchès.

De Cacerès je me suis de nouveau dirigé vers le Guadiana en traversant la partie centrale de la Haute-Estramadure , dont jusque-là j'avais seulement visité les lisières , c'est-à-dire les parties qui avoisinent le Tage , la Manche et le Portugal. Dans cette coupe dirigée du nord au sud , le sol est principalement formé de roches de transition ; mais celles-ci sont interrompues par de puissantes montagnes granitiques qui contrastent fortement avec les faibles inégalités de niveau que présente cette roche au sud du Guadiana. La ville de Montanchès , située dans un col élevé de l'une de ces chaînes , est un des points culminans de la contrée ; elle est située à 400 mètres environ au-dessus de la plaine qui l'entoure. Les terrains anciens se terminent en pente douce vers le Rio-Burdalo , où ils sont recouverts par les formations tertiaires du Guadiana : celles-ci s'étendent au nord du

fleuve dans la plaine basse , baignée par le Rio-Gargaliga. Une petite chaîne de montagnes qui borde la rive droite du Guadiana s'élève , à partir d'Orellana , au-dessus de ces terrains de transport : elle est formée des mêmes roches de transition qui composent la plus grande partie de l'Estramadure , et n'est évidemment que le prolongement des Sierras d'Alcocer et de Larès , situées sur la rive gauche du fleuve : la fracture qui lui a donné naissance , est en connexion avec la direction la plus commune des roches stratifiées de l'Estramadure centrale , et a déterminé la formation du coude remarquable que le Guadiana forme en ce point. Il existe dans ces montagnes plusieurs gisemens de minerais de fer et surtout d'hématite rouge , notamment aux environs d'Orellanita. Près de ce dernier village , sur le versant méridional de la Sierra , croît une assez belle plantation d'orangers , la seule que j'aie vue au nord du Guadiana , et même au nord de la Sierra-Morena.

Sierra
d'Orellana.

Minerais
de fer.

De cette partie centrale de l'Estramadure , on se rend à Llerena , ville située à trois journées de marche vers le sud-ouest , en passant par les bourgs de Bengarencia , Zalamea , la Higuera , El Campillo. Toute la contrée que l'on parcourt dans cette excursion offre la plus grande analogie avec celle qui , près du Guadiana , est baignée par le Rio-Zujar : les roches sont toujours des schistes et des grauweekes de transition , au milieu desquels affleurent çà et là de petits massifs de roches granitiques , dont le niveau est toujours de beaucoup inférieur à celui des roches stratifiées. Toutefois le terrain de transition , très-montueux près du Guadiana et jusqu'au delà de Rio-Matachel , s'abaisse ensuite peu à peu , sans changer de nature ,

Zalamea

et ne forme plus qu'une plaine unie, bornée au nord par la sierra de Hornachos.

calcaire
taillifère
Llerena.

terrain
minifère de
Fle-del-Arco.

Llerena est situé à l'extrémité sud-ouest de cette plaine, au pied de hautes montagnes, principalement formées de calcaires compactes dont la stratification se lie assez bien à celle des schistes de transition qui forment encore la partie basse du sol. Les substances métalliques, telles que la galène, les cuivres carbonatés, etc., déjà très-communs dans les schistes du Guadiana, se rencontrent pour ainsi dire à chaque pas dans les calcaires; mais ils ne paraissent pas former, du moins près de la surface, des gîtes réguliers. Cette formation se prolonge vers le sud-est au delà de Guadalcanal, en longeant le cours du Rio-Biar, auquel elle donne une direction identique avec celle de la stratification des roches. Sur le versant oriental de cette chaîne, et notamment dans le fond des petites vallées voisines de Fuente-del-Arco, il existe des petits bassins de combustible minéral dont les couches ont conservé une position assez voisine de l'horizontalité sur les tranches des terrains anciens. Les pentes des montagnes sont recouvertes des plus belles plantations d'oliviers que j'aie vues en Estramadure : la fertilité du sol rendra sans doute un jour à cette contrée la prospérité dont elle a joui momentanément pendant l'exploitation des mines d'argent, qui ont donné de la célébrité au nom de Guadalcanal.

(La suite à la prochaine livraison.)

Gîtes de fer
oxidulé de
Marbella.

Cette côte de la Méditerranée présente au géologue, et surtout au mineur, des faits d'un haut intérêt. Je dois signaler particulièrement les puissans amas de fer oxidulé situés à une demi-lieue de Marbella, à une hauteur assez considérable, sur le versant méridional de la Sierra de Ronda. Le minerai se rencontre dans plusieurs gîtes assez rapprochés les uns des autres : ils sont tous situés dans un calcaire blanc cristallin : mais en général le fer oxidulé est séparé de cette roche par des masses considérables de minéraux cristallins, et surtout d'actinote noire, de pyroxène vert, cristallin, granuleux, etc., etc.; les dépôts les moins importants sont des espèces de filons presque verticaux; mais le gîte le plus puissant, le seul exploité aujourd'hui, n'a encore été dégagé que sur une petite étendue des roches qui l'entourent : il paraît former un amas allongé à peu près parallèle aux autres : il est déjà exploité dans le sens de son épaisseur sur une largeur de 120 pieds. Cette taille, dans toute son étendue, donne un minerai absolument pur et

no
ve
po

Alhama.

ba
ba
de
C
fe
d'

**Vega
de Grenade.**

m
vi
pl
no
fe

réunissent, dans la ville même, le Darro et le Génil; les eaux de ces deux rivières, auxquelles se joignent celles d'une infinité de cascades qui s'échappent de toutes parts des jardins et des fontaines des palais arabes, vont porter la fertilité dans Véga après avoir rafraîchi les rues la ville.

Les collines de Grenade ne sont que la base du vaste amphithéâtre que forme, au-dessus de la contrée, la chaîne de la Sierra Nevada, qui élève jusqu'à 3.600 mètres ses cimes constamment neigeuses.

Toutes les collines des environs de Grenade et les pentes de la Sierra Nevada, jusqu'à une hauteur considérable, sont composées de sables argileux qui contiennent par places des couches épaisses de cailloux roulés. Au delà de la Véga de Grenade, cette formation paraît recouvrir les marnes et les gypses du bassin lacustre d'Alhama. Les galets sont très-abondans sur les hauteurs de l'Alhambra et du Généraliffe, et sur la Silla-del-Moro, point culminant de ce groupe : ils sont formés des débris de roches qui se voient au jour sur les sommets de la Sierra, et surtout des micaschistes grenatifères si communs dans tous les ravins et dans les gorges qui avoisinent le pic de Veleta et le Mulehacen. Plusieurs motifs m'ont conduit à penser que la Sierra Nevada devait son relief actuel à plusieurs dislocations successives ; mais la présence du terrain de sable et de galets à une très-grande hauteur au-dessus de la plaine de Grenade ne peut guères laisser de doute sur l'origine très-récente du dernier soulèvement. Si, comme tout paraît l'indiquer, le terrain de transport du Généraliffe était contemporain de celui des Castilles qui, comme lui, est supérieur à des ter-

Constitu
géologi
des envi
de Gren

ad

echo
Valeta.

qui lie la direction des diverses chaînes, à l'époque de leur formation. On en déduirait une nouvelle preuve de l'origine très-récente du dernier soulèvement de la Sierra.

Le pays de montagnes, compris entre la Sierra Nevada et la côte de la Méditerranée, est formé de chaînes très-élevées, qui se croisent dans divers sens, mais qui cependant s'étendent principalement de l'est à l'ouest, dans une direction peu différente de celle que je viens de signaler pour l'une des lignes de faite de la Sierra. Cette contrée, désignée ordinairement par le nom d'Alpujarras, présente, dans sa constitution topographique, une complication dont aucune carte ne donne la plus légère idée. Le géologue qui se proposerait de dresser une carte de cette intéressante contrée, devrait donc préalablement en tracer un dessin topographique. Il ne pourrait pour cet objet choisir de meilleures stations que le picacho de Veleta, et surtout que le Mulehacen, d'où l'on aperçoit beaucoup mieux la partie centrale de la chaîne. De ces deux points culminans, la région des Alpujarras et la côte de la Méditerranée qui s'étend depuis le cap de Gate jusqu'au delà de Motril, se dessinent de la manière la plus nette. Les traits saillans du terrain y sont très-bien indiqués par des oppositions d'ombre et de lumière quand le soleil, est encore peu élevé au-dessus de l'horizon. Dans ce vaste panorama, la vue embrasse un cercle de 60 à 80 lieues de diamètre : au nord, la Sierra-Morena borne la plaine de l'Andalousie, tandis que vers le sud-ouest la côte d'Afrique s'élève légèrement au-dessus de l'horizon de la Méditerranée. (*Pl. III, fig. 5.*)

Alpujarr

J'ai déjà donné une idée de la brusque inclinaison des pentes méridionales de la Sierra Nevada. Six heures suffisent pour descendre des points les plus élevés aux premiers villages : on trouve dans ce trajet la transition brusque qui donne tant d'attrait aux paysages des Andes et l'on passe subitement d'un climat glacé, où croissent à peine quelques végétaux des régions polaires, à une contrée embellie par la végétation des tropiques. J'ai remarqué dans les Alpujarras des travaux hydrauliques qui font honneur à l'industrie des montagnards. Il existe dans ce genre un ouvrage remarquable dans la vallée qui se trouve immédiatement au pied du pic de Veleta : Une conduite d'eau, construite avec grand soin suit les contours du flanc oriental de la vallée, et s'élève rapidement au-dessus du Thalweg, qui a une pente considérable. Après s'être grossie des eaux d'un grand nombre de petites cascades, elle vient tout à coup, après un trajet de plus de deux lieues, déverser ses eaux à une hauteur de 300 mètres au-dessus du fond de la vallée : celles-ci répandent la fertilité sur les territoires de deux villages voisins de Pitres.

stitution
logique
Alpujarras.

On ne retrouve pas sur ce versant les terrains tertiaires qui jouent un rôle si important sur la pente opposée. Les micaschistes, souvent remplis d'une grande quantité de grenats, recouvrent les pentes de la Sierra jusque dans les premières gorges des Alpujarras ; la partie centrale de ces montagnes est principalement composée de schistes argileux, souvent identiques avec les ardoises de l'Ardenne. Ils sont associés çà et là à des brèches cavernieuses à fragmens anguleux de calcaire noirâtre subsaccharoïde. Quelquefois

les fragmens sont tellement fondus ensemble, qu'on pourrait prendre cette roche pour un calcaire compacte, si de nombreux passages n'indiquaient suffisamment son origine. Cette brèche forme des masses puissantes aux environs de Castaras, dans le centre des Alpujarras : mais je l'ai rencontrée aussi sur le versant septentrional de la Sierra-Nevada, en allant de Grenade au Picacho de Veleta. Elle y est associée à des dolomies, et à de véritables conglomérats formés de matières très-hétérogènes parmi lesquelles on distingue très-nettement des fragmens de calcaires, de quartz et de schistes talqueux. Ces diverses roches se voient au jour à un niveau fort élevé, entre les micaschistes des hauteurs de la Sierra, et le terrain de transport ancien qui en recouvre les pentes inférieures. Bien que les brèches de la Sierra Nevada et des Alpujarras appartiennent aujourd'hui à des systèmes différens, elles ont sans aucun doute une origine commune. L'étude de ces roches sera d'une haute importance pour le géologue qui voudra faire des recherches sur les révolutions qui ont précédé le soulèvement de la grande chaîne. Elles sont liées sans doute à l'apparition de la contrée montueuse qui, avant le dépôt des terrains tertiaires, séparait déjà, de la mer située au sud, les bassins de Grenade et d'Alhama.

Les brèches deviennent moins abondantes dans les derniers contreforts des Alpujarras. La Controviesa et les montagnes situées à l'ouest de la Sierra de Gador, sont principalement composées de calcaires compacts associés à des schistes talqueux très-feuilletés. C'est dans le village de Tournon, assis sur ce genre de terrain, à 3 lieues au nord d'Adra, que j'ai eu le premier indice des ri-

chêsses minérales du pays : des enfans rangés autour de la fontaine s'amusaient à laver, dans de petites assiettes en bois des poussières de galène, fort abondantes dans les environs. Ils se livraient à ce divertissement avec une adresse qui eût été peut-être, pour un docimassiste, un sujet d'étude. Ce jeu, qui leur procure de véritables bénéfices, est une assez bonne image des bénéfices de travail que l'exploitation des mines a introduites dans le pays. A peu de distance de Toulon il existe une fonderie royale aujourd'hui abandonnée.

Mines
de plomb
des Alpujarras

C'est dans les chaînons des Alpujarras, les plus rapprochés de la mer, c'est-à-dire dans la Sierra de Lujar, dans la Controviesa, et surtout dans la Sierra de Gador, que se sont développées les exploitations de galène, sur lesquelles j'ai donné quelques détails généraux au commencement de cet itinéraire. Malgré l'activité qui, depuis douze ans, règne dans ces exploitations, je n'ai aperçu dans le pays aucun symptôme d'une prochaine décadence. Dans la Sierra de Gador, un grand nombre de mines, très-prospères il y a quelques années, sont à la vérité aujourd'hui épuisées; mais chaque jour on découvre de nouveaux gîtes. Cette montagne est principalement composée de ces mêmes calcaires compactes qui, associés à des schistes argileux et traversés accidentellement par de grandes masses de gypses, de serpentines, de brèches calcaires et de dolomies, forment en grande partie la masse des chaînes qui bordent le rivage de la Méditerranée depuis Almería jusqu'au détroit de Gibraltar. On peut regarder les districts les plus riches de la Sierra, tels que la *Loma del-Sueno*, comme composés d'un véritable

mygdaloïde à pâte calcaire et à gros noyaux de galène. Les gîtes métallifères y sont si rapprochés l'un de l'autre, qu'il est rare qu'un puits creusé au hasard ne rencontre pas le minerai avant la profondeur de 100 mètres. Il s'en faut tellement que les minerais soient sur le point de manquer, qu'aujourd'hui les exploitans ne sont embarrassés que de l'abondance de leurs produits. Depuis deux ans, afin de prévenir une plus grande dépréciation des minerais, ils se sont déterminés d'un commun accord à ne travailler aux mines que pendant six mois chaque année : cette convention, assez remarquable dans un pays où règne, entre un grand nombre d'intéressés, une concurrence imitée, a déjà produit d'heureux résultats : elle a mis fin au malaise qu'avait jeté dans la fabrication, depuis l'année 1828, une production sordonnée. C'est à cette sorte d'association des exploitans de la Sierra, et surtout à celle des principales maisons de commerce d'Adra et d'Almería, qu'il faut attribuer la hausse qui a lieu aujourd'hui dans le prix du plomb. Du reste, tous les fabricans n'étant pas entrés dans la coalition, les prix de revient étant très-inférieurs aux prix de vente, il n'est pas probable que ceux-ci se soulevent pendant très-long-temps au taux actuel. Depuis plus d'une année on commence à tirer parti d'une classe de minerais dont jusqu'ici on avait méconnu l'utilité : je veux parler des plombs carbonatés compactes, souvent exempts de toute matière terreuse. Depuis qu'on a imaginé de les traiter dans la fonderie de l'Alqueria près d'Adra, les muletiers en amènent à cette usine de tous les points de la Sierra. Il m'a été facile d'en recueillir, en un petit nombre de jours,

Les produits
des mines
ne diminuent
point.

Nouveaux
minerais.

une collection d'échantillons provenant de 40 localités différentes. Le perfectionnement des procédés métallurgiques, et surtout de la fonte dans les fourneaux à manche, permet maintenant de traiter avantageusement un grand nombre de substances négligées jusqu'ici, telles que les minerais de mines, les crasses de fourneaux à réverbère et surtout celles des anciennes fonderies royales.

Les galènes de la Sierra de Gador et celles qui s'exploitent encore en petite quantité dans la Sierra de Lujar sont fondues dans l'état où elles sortent des mines, et sans être soumises à aucune espèce de préparation mécanique. L'absence des voies de communication dans un pays entièrement montueux jusqu'au rivage de la mer, ne permet de faire aucun transport à l'aide de voitures : des troupes nombreuses d'ânes et de mulets descendent chaque jour de la Sierra pour amener les minerais aux usines, où sont employées à transporter les plombs aux ports d'Alcázar, de Roquetas ou d'Almería. Le traitement des minerais se fait dans 31 usines, comprenant 69 fourneaux à réverbère et 58 fourneaux à manche : mais ces ateliers ne sont jamais tous à la fois en activité. En exceptant deux usines où l'on se sert avantageusement des fourneaux à manche, ces sortes de fourneaux ne sont que des annexes fort peu importants de chaque usine. La presque totalité du plomb est produite dans des fourneaux à réverbère où le travail métallurgique très-bien approprié aux circonstances locales et surtout à la nature des combustibles de la Sierra, ne laisse rien à désirer. En général, les minerais rendent 66 pour 100 dans les fourneaux à réverbère espagnols : on en retire constamment 70 pour 100

dans ceux de la belle usine à l'anglaise établie sur la plage d'Adra. Aujourd'hui, dans les usines de la Sierra de Gador, le plomb se fabrique par des procédés assez variés sur lesquels j'ai recueilli quelques notes : il ne sera peut-être pas sans intérêt d'en faire l'objet d'une notice spéciale dans laquelle je tâcherai de faire connaître les avantages qu'il y aurait à traiter les mêmes minerais dans nos départemens méridionaux. Plusieurs personnes ont déjà pensé à ce projet : je ne connais pas d'entreprise qui ait plus de chances de succès.

Une maladie grave ayant tout à coup mis fin aux études que j'avais commencées sur la Sierra de Gador, j'ai été forcé de rentrer en France par la voie de la mer : à mon grand regret j'ai dû renoncer au projet de visiter le cap de Gate, ainsi que les côtes de Murcie, de Valence et de Catalogne, de manière à fermer, en rentrant par les Pyrénées, un polygone d'observations sur le contour de l'Espagne. Je serais heureux si cet aperçu rapide de mon voyage pouvait faire naître chez les géologues le désir de parcourir dans la Péninsule un itinéraire plus complet, et d'étudier, avec le temps convenable, beaucoup de faits que j'ai à peine entrevus et qui n'étaient, au reste, qu'un accessoire de ma mission. Les détails que j'essaierai de donner dans la suite, à l'appui des résultats que je viens de signaler, serviront peut-être à diriger utilement leurs premières recherches dans les provinces que j'ai visitées.

EXPLICATION DE LA PLANCHE III.

Figure 1.

Ces deux profils donnent une idée du léger relief que prennent les terrains tertiaires sur la rive gauche du

bordent la côte de l'Océan au N.-O. de Tarifa et qui sont en connexion avec des collines de terrains tertiaires bien caractérisés, il deviendra probable que les grès du détroit doivent être rapportés aux périodes tertiaires et, selon toute apparence, à l'une des plus récentes. La faible hauteur des masses coquillères très-modernes, sur lesquelles est situé le phare de Tarifa, prouve suffisamment que ces terrains n'ont été élevés au-dessus des eaux que par une action mécanique d'une faible importance : ce mouvement est nécessairement postérieur au double soulèvement des montagnes calcaires et des masses de grès tertiaire qui s'élèvent sur les pentes de ces dernières à une hauteur assez considérable.

Figure 3.

Elle représente la configuration des collines qui entourent la baie de Gibraltar lorsqu'on les aperçoit des hauteurs qui dominant la côte occidentale de la baie. De ce point, le rocher de Gibraltar dirigé du nord au sud se présente dans sa plus grande dimension : la figure en donne un profil exact. La plage, qui réunit le rocher à la terre ferme, n'est pas plus visible que ne l'indique le croquis. Le bord de la côte est formé de petites collines sableuses ; celles-ci vers le fond de la baie s'étendent assez loin sur le bord des ruisseaux qui séparent les montagnes du détroit des hauteurs situées dans le prolongement du rocher de Gibraltar. Ces deux petites chaînes dessinent les deux côtés de la baie : elles sont formées des mêmes roches indiquées dans les montagnes qui bordent le détroit. Dans les collines situées sur le premier plan près de la ville d'Algéziras, les calcaires sont très-compactes, de couleur blanche, à cassure très-unie et esquilleuse : ils sont identiques pour les caractères extérieurs avec les variétés les plus communes des calcaires du Jura.

Figure 4.

Cette vue, prise à l'est de Malaga, donne une idée de la configuration de la chaîne qui borde toute la côte de l'Andalousie : elle représente la partie de ces montagnes qui s'étend à l'ouest de Malaga sous les noms de *Sierra de Mijas* et de *Sierra de Ronda*. La chaîne est interrompue sur une petite longueur par la plaine de Malaga ; mais déjà sur le premier plan s'élèvent les premiers chaînons des montagnes de Velez-Malaga. Les points culminans des hautes montagnes que l'on voit à l'ouest de Malaga sont principalement composés de schistes argileux et de calcaires saccharoïdes ou complètement cristallins, ayant tous les caractères assignés aux roches anciennes. La base des montagnes, et la plupart des collines qui bordent le rivage, sont, au contraire, composées de sables, de grès et de conglomérats formés principalement aux dépens des calcaires cristallins des montagnes : j'y ai rencontré, aux environs de Marbella et de Malaga, des fossiles qui prouvent qu'une partie de ces terrains appartiennent au 2^e. étage tertiaire.

Figure 5.

Portion du panorama que présentent les montagnes des Alpujarras et la côte de la Méditerranée, vues de l'un des cols situés au pied du *Picacho de Veleta*. Le 1^{er}. plan appartient à la ligne de faite de la Sierra Nevada au sud de Grenade : on n'y rencontre que des micaschistes souvent imprégnés d'une grande quantité de grenats. Sur les seconds plans, on voit les chaînons des Alpujarras dirigés sensiblement comme le rivage de la Méditerranée. Ces montagnes sont principalement composées de schistes argileux, interrompus çà et là par des masses puissantes de calcaires compactes, bréchiformes ou dolomitiques ; les terrains modernes ne reparaissent que sur la côte de la Méditerranée. De ce point élevé, la Sierra de Gador, dont le massif s'élève dans la direction du cap de Gate, se présente comme un monticule de peu d'importance. La côte d'Afrique, éloignée de plus de 40 lieues, s'élève très-distinctement au-dessus de l'horizon de la Méditerranée. La vue que l'œil embrasse des sommets de la Sierra Nevada est peut-être la plus imposante dont on puisse jouir en Europe. Par suite de la constante pureté du ciel de l'Andalousie, le voyageur n'y est jamais menacé de ces ascensions infructueuses qui, dans les montagnes du nord de l'Europe, ont presque toujours lieu au milieu des nuages.

Figure 6.

Profil des points culminans neigeux de la Sierra Nevada ; cette vue est prise des hauteurs du dernier contrefort des Alpujarras qui, sous le nom de *Contraviesa*, domine le rivage de la Méditerranée au nord d'Adra et d'Albunol. Un chaînon fort élevé, situé au nord de la *Contraviesa*, dérobe à la vue la base de la Sierra Nevada : on en aperçoit seulement les points les plus élevés, et entre autres le *Picacho de Veleta* et le *Mulehacen*, dont la saillie a été un peu exagérée. Ce croquis fait ressortir la direction rectiligne des lignes de faite des Alpujarras.



APERÇUS

Sur les révolutions successives qui ont produit la configuration actuelle des Monts-Dores.

Par M. J. FOURNET, docteur-ès-sciences.

Ce mémoire se composera de deux parties : la première comprendra la série des dislocations et des soulèvements qui ont imprimé au système du Mont-Dore sa forme actuelle. Chacun de ces bouleversements étant en rapport direct avec des formations volcaniques bien distinctes, j'ai dû fixer mon attention sur leur ordre de succession ; et si mon but n'a pas encore été atteint en cela avec toute la précision désirable à cause des difficultés sans cesse renaissantes que présentent les escarpements et la végétation, je suis cependant arrivé à une classification suffisamment nette des roches de cette localité, en sorte qu'il me suffira de les rapprocher avec celles des autres contrées pour faire ressortir toute la constance des caractères des formations trachytiques, et ce sera là le but de la seconde partie de ce mémoire.

En partant de cette division, j'ai dû me borner, dans la première partie, à une simple dénomination des roches, et renvoyer dans la seconde tous les détails minutieux purement minéralogiques.

Un premier coup d'œil général nous fait reconnaître que les Monts-Dores renferment dans leur structure générale des couches stratifiées et d'autres qui se présentent au contraire avec tous les

caractères de filons plus ou moins puissans intercalés dans les masses stratifiées; de là deux grandes coupes qui peuvent ensuite se subdiviser chacune suivant l'ordre de superposition ou d'intersection. C'est dans ce détail que se présentent les incertitudes pour les filons seulement; car ils ne m'ont encore présenté aucun de ces croisemens qu'il serait néanmoins si important de pouvoir constater, afin de déterminer invariablement l'âge relatif des formations auxquelles ils appartiennent; néanmoins, quelques considérations d'un autre ordre peuvent encore nous guider, et j'aurai soin de les faire valoir à mesure que j'y serai amené par la marche que j'ai adoptée.

Le résultat final auquel les faits, pris ainsi un à un, me conduisent, est analogue à celui auquel MM. Elie de Beaumont et Dufrenoy étaient parvenus de leur côté. Cette confirmation de mon travail est trop précieuse pour que je ne croie pas devoir la mentionner d'avance comme une garantie de son exactitude.

Relation
a terrain
trachytique
e le terrain
primitif. La disposition et la configuration du terrain primitif qui encaisse le massif trachytique n'étant pas sans influence dans la question, je vais les faire ressortir avant tout.

Le Mont-Dore est assis sur une large arête culminante du terrain primitif, dirigée à peu près de l'ouest à l'est, en déviant légèrement au sud. Elle détermine le partage général des eaux qui se déversent d'une part vers le sud, suivant le Chavanon et la Dordogne, et de l'autre vers le nord, où elles se réunissent à la Sioule et au Sioulet de Pont-au-Mur.

Ce qu'il est essentiel d'observer en outre, c'est que cette arête offre dans un de ses points un abaissement sensible, qui résulte de son intersec-

tion presque rectangulaire avec la vallée de la Sioule. C'est dans ce bas-fond que s'est exercée l'action volcanique; en sorte que, loin de surgir des sommités primitives comme la plupart des autres puys volcaniques de l'Auvergne, les produits qui ont constitué le Mont-Dore ont, au contraire, rempli d'abord une sorte de bassin, et n'ont atteint leur hauteur actuelle qu'en vertu d'une série d'accumulations et d'exhaussemens successifs.

En effet, les nivellemens barométriques, pris sur les points des terrains primitifs les plus voisins, nous donnent :

A l'ouest.	Pour le granite situé derrière la Grange et Murat-le-Quaire	961 ^m .	} moyenne. 952 ^m .
	Pour le granite de la Bourboule	943	
A l'est.	Pour le granite de la Guieze	1124	1124 ^m .

Résultats dont la moyenne générale serait de 1.007 mètres.

D'un autre côté nous avons, pour les points les plus bas du terrain trachytique pris dans la vallée de la Dordogne sur une ligne qui joindrait les points précédens, les hauteurs suivantes :

Pessy.	972 ^m .
Genestoux	947
Quereilh	990

dont la hauteur minimum de 947^m est encore sensiblement moindre que celle de 1.007 mètres qu'aurait dû atteindre le terrain primitif si la dépression en question n'eût pas existé.

On arrive à la même conclusion par les nivellemens pris sur le versant septentrional de cette

arête; en effet, ils donnent les hauteurs suivantes en allant de l'ouest à l'est :

A l'ouest des Monts-Dores.	{	Verneugheol.	727 ^m .
		Tortebesse.	892
		Perpezat.	915
Au centre vis-à- vis des Monts- Dores.	{	Rochefort	860 ^m .
		Orcival.	880
A l'est des Monts-Dores.	{	Vernines	1.013 ^m .
		Saulzet-le-froid	1.050

Ces trois derniers groupes, dont il serait facile de multiplier les détails s'ils étaient nécessaires ici, confirment suffisamment l'existence de la dépression vers le milieu de la ligne en question sous Rochefort, tout en démontrant un accroissement successif en hauteur, à mesure que l'on se rapproche du prolongement de la chaîne des Puys-de-Dôme. Je reviendrai, au reste, plus en détail sur ces faits dans un mémoire spécial sur la configuration de l'ensemble du sol primitif de l'Auvergne. Il est superflu d'y insister davantage pour le moment, n'ayant d'autre but ici que de démontrer que les forces soulevantes ont agi en un point de moindre résistance; c'est pour cette raison que nous voyons les masses ignées y acquérir un immense développement, tandis que partout ailleurs dans l'Auvergne, où elles se sont fait jour par les arêtes culminantes ou lignes de plus grande épaisseur, elles n'ont produit que des cônes d'une faible importance relative.

On peut encore faire un autre rapprochement par rapport aux roches, qui n'est pas non plus sans importance. En effet, ce que nous connaissons des parties de ce terrain primitif les plus rapprochées du Mont-Dore, comme à la Bour-

redressées sous des angles variables lors de la sortie au jour des nouvelles formations que nous détaillerons bientôt.

Quelquefois l'épaisseur de l'assise a varié un peu quand ces trachytes se sont répandus dans les inégalités du sol qui les supporte, et dans ce cas même il a pu y avoir coulée sur coulée purement locale, par suite de la lenteur avec laquelle les substances à fluidité pâteuse s'avancent sur des plans peu inclinés. Elle permet à certains filets plus liquides de se détacher d'abord de la masse principale, et de remplir les dépressions qu'ils rencontrent avant que le reste de la lave ne vienne se niveler au-dessus. Cette circonstance me paraît avoir eu lieu pour les deux ou trois assises que l'on remarque au ravin des Egravats, et elle se répète fréquemment dans une seule et même coulée de beaucoup des volcans d'Auvergne. Il suffit d'avoir vu couler les laitiers de nos hauts-fourneaux pour se rendre compte de ces accidens qui ont pu aussi modifier un peu les trachytes en changeant la durée de leur refroidissement; mais je reviendrai sur ce sujet dans la seconde

1

2

3

1.1

2.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

1.1

nature de la roche, M. Sello rapporte les observations suivantes: Avec l'instrument composé *fig. 2*, on fora 10 pouces $\frac{1}{4}$ de profondeur, en frappant 560 coups, tandis qu'avec le trépan, *fig. 3*, on fora 7 pouces $\frac{1}{4}$, en frappant 500 coups. D'après cela les effets utiles, résultant de l'emploi des deux instrumens, seraient entre eux dans le rapport de 1 à 0,79. Plus tard on fora 49 pouces en frappant 4,400 coups de l'instrument composé, *fig. 2*, et 17 pouces en frappant 2,400 coups du trépan, *fig. 3*. Les effets de ces deux instrumens seraient donc entre eux dans le rapport de 1 à 0,63.

L'outil composé de l'allésoir et du trépan croisé, *fig. 2*, a toujours fourni des résultats plus avantageux, et serait incontestablement placé par M. Sello au premier rang sous tous les rapports, si les réparations à y faire (*aiguillage*) ne présentaient pas quelque difficulté.

L'occasion d'essayer les instrumens qui étaient confectionnés depuis 1830, se présenta dans le printemps de 1832. Cet essai de sondage eut lieu

I

2

2

2

~~Ensemble.~~

Ensemble. 94 Thalers.

PAB LE ~~PROFESSEUR~~ CATHOLIS.

Ce qui donne 0^{e} . 28^{es} 7,76^{es} par pied

1

2

3

4

5

6

a été la cause première des nombreuses améliorations qui, dans une période de moins de 20 ans (de 1813 à 1830), ont réduit de moitié la consommation moyenne de toutes les machines en combustible, ou si l'on veut, doublé l'effet utile obtenu par la consommation de quantités égales de houille. (Voir le Mémoire de M. John Taylor, traduit *Ann. des Mines*, 3^e. série, t. II, p. 51).

Le premier soin à prendre a été de retenir les eaux dans les niveaux supérieurs, en les empêchant, autant que possible, de tomber au fond des travaux. C'est à quoi l'on est parvenu : 1°. en soignant davantage l'entretien des galeries d'écoulement, les tenant libres d'obstructions, et établissant sur leur sol, toutes les fois que cela a été nécessaire, un lit artificiel imperméable aux eaux ; 2°. en faisant des travaux semblables dans les galeries horizontales situées à différents niveaux dans le gîte, et proportionnant, à chaque niveau, le nombre de pompes d'épuisement à la quantité d'eau qu'elles doivent extraire, laquelle

de carbonate de potasse ; on dissout le sel dans l'eau ; on y ajoute une quantité d'hydrate de potasse qui contienne au moins autant de potasse que le sel , et l'on y fait passer un courant de chlore jusqu'à ce qu'il y en ait un excès , et que le précipité qui se forme d'abord soit complètement redissout ; on ajoute à la liqueur une petite quantité de chlorure de barium , qui en précipite l'acide sulfurique et l'acide sélénique qu'elle peut contenir , on la filtre , on y verse de l'ammoniaque en léger excès , et ensuite du chlorure de barium qui en précipite tout l'acide tellurique. Le précipité , d'abord volumineux , devient bientôt grenu et dense. On le lave , on le dessèche à une douce chaleur et on le met en digestion avec le quart de son poids d'acide sulfurique concentré , préalablement étendu d'eau ; on concentre la liqueur filtrée au bain-marie , et on l'abandonne ensuite à l'évaporation spontanée. Alors l'acide se dépose en cristaux qui ont la forme de prismes tétraèdres , aplatis , terminés par une pyramide quadrilatère très-surbaissée.

A cet état , l'acide tellurique renferme 0,225

à des précipités insolubles avec les sels de protoxide de fer, produisent avec ceux-ci, lorsqu'ils sont saturés de deutoxide d'azote, des composés dans lesquels le gaz reste tout entier à l'état de combinaison. Ces précipités sont la plupart brun jaunâtre, et se suroxydent rapidement par leur exposition à l'air.

Les alcalis forment, dans les solutions de fer saturées de deutoxide d'azote, des précipités gristres qui passent promptement au vert et au jaune, et il se dégage de l'azote.

Le deutoxide d'azote qui entre dans les combinaisons que nous venons de décrire, renferme précisément la quantité d'oxygène nécessaire pour peroxider le fer qui en fait partie, et il paraît jouer un rôle analogue à celui que jouerait l'oxygène lui-même.

Les dissolutions saturées de deutoxide d'azote, au contact d'un excès de ce gaz, le décomposent et en absorbent l'oxygène.

Le proto-chlorure d'étain décompose le deutoxide d'azote, et enlève à ce gaz la quantité d'oxygène qui lui est nécessaire pour se peroxider.

L'eau contenant à peu près les 0,05 de son poids de sel marin, les 1,200 hectolitres que les sources fournissaient en septembre 1828 par 24 heures en produiraient au moins 6,000 kil. Si ces sources avaient constamment la même allure, on pourrait donc en extraire, 180,000 kil. de sel par mois, et 2,160,000 kil. ou plus de 20,000 quintaux métriques par année; mais il est probable que la proximité de la mer rendrait cette exploitation peu lucrative. Comme les sources de Sougragne tirent certainement leur origine d'une masse de sel gemme, il serait intéressant qu'on fit des recherches pour découvrir cette masse.

Chlorure de magnésium. . .	0,1584
Chlorure de calcium. . . .	0,0619
Chlorure de sodium.	0,1094
Chlorure de potassium. . . .	0,0208
Brômure de sodium	0,0050
	<hr/>
	0,3555

Les chlorures de magnésium et de calcium prenant ensemble 0,2061 d'eau de cristallisation, on voit que l'eau-mère renferme 0,56 de sels cristallisés qui ne contiennent que le cinquième de leur poids de chlorure de sodium. Cette eau est très riche en brôme, et l'on pourrait en extraire cette substance avec profit, comme on le fait à la saline de Kreutznach, avec laquelle la saline de Soultz a d'ailleurs les plus grands rapports. D'après les faits qui ont été observés dans différens lieux, il est probable que le brôme existe dans l'eau de Soultz à l'état de combinaison avec du magnésium.

15. *Ueberlingen et ses SOURCES MINÉRALES ; par M. E. Herberger (J. de Pharm., t. 19, p. 148.)*

posee de .

Chaux.	0,253	Carbonate de chaux	0,4486
Magnésie.	0,169	————— de ma- gnésie.	5,3492
Oxide de manganèse.	0,021	————— de man- ganèse.	0,0342
Oxide de fer.	0,008	Carbonate de fer.	0,0132
Argile.	0,146	Argile.	0,1460
Acide carbonique.	0,400		
	<hr/> 0,997		<hr/> 0,9912

Sa formule est $CC^2 + (M, Mn, f) C^2$.

—

29. *Sur la HUMBOLDTILITE*; par M. Kobell. (An. de Schweigger Seidel, t. 4.)

La humboldtilite a été trouvée dans les produits du Vésuve, par MM. Monticelli et Covelli; elle est accompagnée d'augite. Sa forme principale est la pyramide quadrilatère. Elle est demi-transparente, à cassure inégale, testacée. Elle a l'éclat vitreux, sa dureté est celle de l'apatite. Sa pesanteur spécifique est de 3.104. Ses couleurs sont le jaune clair, le jaune grisâtre et le gris. Elle est aisément fusible au chalumeau en verre un peu bulleux, éclatant et transparent. Les acides l'attaquent aisément en formant gelée.

MM. Monticelli et Covelli y avaient trouvé :

Silice	0.5416	} 0.9716.
Chaux. . . .	0.3167	
Magnésie . .	0.0883	
Alumine. . .	0.0050	
Oxide de fer.	0.0200	

Mais l'analyse que j'en ai faite m'a donné :

Silice	0.4396	—	oxygène 2183
Alumine.	0.1120	—	533

36. Analyse de quelques MINÉRAIS DE MANGANESE d'espèces variées ; par M. P. Berthier. (Ann. de Chim., t. 51, p. 79.)

On peut analyser les minerais de manganèse, 1°. par le moyen du sel ammoniac, en dosant le gaz azote qui résulte de la décomposition de ce sel ; 2°. par le moyen du soufre, en dosant l'acide sulfurique et l'acide sulfureux qui se produisent ; 3°. par le moyen de l'acide sulfureux liquide, en dosant l'acide hyposulfurique et l'acide sulfurique qui se forment dans la réaction ; 4°. par le moyen de l'acide oxalique, en dosant l'acide carbonique qui se dégage par la transformation des différents oxides de manganèse en protoxide. Ce dernier procédé est le plus exact et le plus commode. Voici comment on l'exécute.

On met dans un petit matras 1 g. de minerai, bien porphyrisé, avec une certaine quantité d'eau, et 4 à 5 gr. d'acide oxalique cristallisé bien pur. On adapte immédiatement au matras un tube de verre recourbé d'un petit diamètre, et l'on fait plonger ce tube dans un matras à col étroit

en rognons dans un terrain sableux et argileux, qui fournit des minerais de fer. Il est en morceaux cohérens, criblés de cavités irrégulières, d'un noir brun mat, et çà et là métalloïde. Sa poussière est couleur chocolat claire. Il commence déjà à perdre de l'eau à une température voisine de 100°. Il se dissout lentement dans l'acide sulfurique qu'il colore en rouge.

(2) *Minerai de Vicedessos*. Il tapisse les parois des cavités que l'on rencontre dans les grandes mines de fer de Rancié. Il est compacte ou en concrétions mamelonnées, très-léger, tendre et tachant fortement les doigts; couleur chocolat. Il est mêlé de carbonate de chaux, qui s'y trouve tantôt en parties cristallines visibles et tantôt intime-

deux variétés a donné :

	Variété à gros grains.		Variété à grains fins.
Fer.	0.7677	—	0.7465
Molybdène. . .	0.0997	—	0.1019
Cuivre	0.0340	—	0.0432
Cobalt.	0.0325	—	0.0307
Nickel.	0.0115	—	0.0123
Manganèse. . .	0.0002	—	0.0001
Arsenic.	0.0140	—	0.0247
Phosphore. . .	0.0125	—	0.0227
Soufre.	0.0206	—	0.0092
Silicium	0.0035	—	0.0039
Charbon. . . .	0.0038	—	0.0048
	<hr/>		<hr/>
	1.0000		1.0000

D'après cette composition , il est impossible de se



Silice fibreuse . .	0.0137	oxig.	
Acide sulfurique.	0.3960	—	2370
Oxide de fer . . .	0.2611	—	801
Alumine.	0.0195	—	91
Magnésie.	0.0264	—	102
Eau	0.2967	—	2637
	<hr/>		
	1,0134		

Il est probable que c'est le sulfate $\text{Fe}^2\text{S}^6 + 18 \text{H}$ mêlé de sulfate d'alumine et de magnésie.

Le second sulfate basique n'existe qu'en petite quantité, sous forme de concrétions fibreuses; il est d'un vert jaunâtre sale : il a l'éclat soyeux, l'eau le dissout en en séparant de l'oxide de fer; il contient :

Silice fibreuse. .	0.0143	oxig.	
Acide sulfurique.	0.3173	—	1899
Oxide de fer. . .	0.2811	—	862
Chaux.	0.0191	—	54
Magnésie.	0.0059	—	23
Eau.	0.3656	—	3250

l'alliage s'accroît, et que sa couleur pâlit, à mesure que l'on augmente la proportion de l'étain jusqu'à un certain terme, passé lequel, en augmentant toujours la dose de l'étain, l'aigreur diminue au contraire. Il est probable que l'alliage qui a le *maximum* de fragilité et de dureté est l'alliage chimique. Cet alliage est d'un blanc bleuâtre et cristallin; c'est celui que l'on emploie pour faire les miroirs de télescope.

On remarque qu'il ne se forme pas de taches blanches dans les alliages qui contiennent moins de 0.8 ou plus de 0.16 d'étain, et qu'en général dans les pièces de bronze l'étain s'accumule dans l'axe et dans les parties inférieures.

43. *Analyse du MÉTAL D'ALGER*; par M. Fum.
(Journ. de Ch. d'Erdmann, 1833, p. 405.)

Cet alliage se compose de 0.95 d'étain et 0.05 de cuivre, et renferme en outre une petite quantité d'antimoine qui ne s'élève pas à plus de $\frac{1}{2}$.

Sur les combinaisons du SULFURE D'ANTIMOÏNE du SULFURE D'ARSENIC avec les SULFURES MÉTALLIQUES basiques ; par M. H. Rose. (Ann. de ch., t. 28, p. 435.)

Les combinaisons naturelles connues sont représentées par les formules suivantes :

1 : 3	{	Zinckénite.	$\text{Pb} \text{Sb}^{\text{'''}}$
	{	Miargyrite.	$\text{Ag} \text{Sb}^{\text{'''}}$
1 : 2 $\frac{1}{4}$	{	Plagionite.	$\text{Pb}^4 \text{Sb}^3$
	{	Berthierite.	
1 : 2	{	Jamesonite.	$\text{Pb}^3 \text{Sb}^2$
	{	Berthierite.	$\text{Fe}^3 \text{Sb}^2$
1 : 1 $\frac{1}{2}$		Federerz.	$\text{Pb}^2 \text{Sb}$
1 : 1	{	Argent rouge.	$\text{Ag}^3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb}^{\text{'''}} \\ \text{As}^{\text{'''}} \end{array} \right.$
	{	Bournonite.	$\text{Cu}^3 \text{Sb}^{\text{'''}} + 2 \text{Pb}^3 \text{Sb}^{\text{'''}}$
1 : $\frac{3}{4}$		Fahlerz.	$\text{Zn}^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb}^{\text{'''}} \\ \text{As}^{\text{'''}} \end{array} \right. + 2 \text{Ag}^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb}^{\text{'''}} \\ \text{As}^{\text{'''}} \end{array} \right.$
1 : $\frac{1}{2}$		Sprodglazerz.	$\text{Ag}^6 \text{Sb}^{\text{'''}}$
I. 1 : 2 $\frac{1}{2}$		Polybasite.	$\text{Ag}^9 \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb}^{\text{'''}} \\ \text{As}^{\text{'''}} \end{array} \right.$
			$\text{Cu}^9 \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb}^{\text{'''}} \\ \text{As}^{\text{'''}} \end{array} \right.$

	Mexique.	Schemnitz.	Freyberg.
Soufre. . .	0,1704	— 0,1683	— 0,1635
Antimoine.	0,0509	— 0,0025	— 0,0839
Arsenic . .	0,0374	— 0,0623	— 0,0117
Argent. . .	0,6429	— 0,7243	— 0,6999
Cuivre. . .	0,0993	— 0,0304	— 0,0411
Fer.	0,0006	— 0,0033	— 0,0029
Zinc . . .		— 0,0059	—
	<u>1,0015</u>	<u>0,9970</u>	<u>1,0030</u>

courbes et entrecroisées, disséminées dans un bonate de manganèse rose cristallisé et du blanc. Sa couleur est le noir de fer tirant au plomb : il est très éclatant. Lorsqu'il ne contient pas de gangue, sa pesanteur spécifique est 6.84. Il a donné à l'analyse :

Or	0,067
Tellure.	0,130
Plomb	0,631
Antimoine	0,045
Cuivre	0,010
Soufre	0,117
	<hr/>
	1,000

dans cette roche, près de l'usine de Kyschtyne, Il paraîtrait que ces deux métaux ont leur gisement primitif dans une seule et même gangue.

53. IRIDIUM NATIF; par M. Breithaupt. (Journ. de Schweigger, 1833.)

L'iridium natif a été trouvé à Nischne Tagil, dans l'Oural, accompagné d'or et de platine. Il est en grains d'un blanc d'argent tirant sur le jaune ou sur le gris, et qui ont un grand éclat métallique. Il est d'une dureté extrême, et il use promptement les meilleures limes. Sa pesanteur spécifique est de 23,5 à 23,6. Il est absolument inattaquable par tous les acides. On peut le fondre, même assez facilement. Il est combiné avec une

crit une ligne verticale. Ces dispositions ne diffèrent en rien de celles généralement connues et adoptées. Le point central de l'axe du balancier et les points d'attache de la poutrelle P et de la tige du piston sont, dans toutes les positions du système, sur une même ligne droite.

Les mêmes lettres désignent d'ailleurs les mêmes objets sur les *fig.* 1 et 2.

On distinguera : *a.* Boîte contenant une soupape dont l'ouverture reste constante pendant le jeu de la machine. Elle porte le nom de *governor valve*, soupape régulatrice; elle est analogue aux soupapes à gorge qui, dans les machines à rotation, sont ordinairement liées à un pendule conique. La coupe de la soupape, contenue dans cette boîte, se voit, *fig.* 5, en *a*. Elle est manœuvrée à la main par le machiniste, qui la soulève plus ou moins, suivant qu'il veut augmenter ou diminuer la vapeur motrice dépensée à chaque coup de piston.

b. Boîte de la soupape d'admission dite *top steam valve*, intermédiaire entre la soupape régulatrice et le haut du cylindre. Cette boîte est

ntervalle réglé par le jeu de la cataracte qui t de 30 secondes. Ainsi le piston, arrivé au met de sa course, y demeurerait immobile pent une demi-minute, après quoi la tige de la racte venant décrocher le contre-poids de la aape d'admission, une nouvelle course recom- çait.

Voici le relevé du travail utile de la machine chant de la manière que nous venons d'in- rier pendant le commencement de juillet 1833:

Relevé
du travail.

N ^o .	Houille consommée en bushels dont chacun pèse 84 lbs. ou 38 kil. 086.	Nombre total de levées du piston.	Nombre de levées par minute.	Duty ou travail utile exprimé en millions de livres-avoir du poids élevées à un pied de hauteur par bushel de houille brûlée.	Travail utile exprimé en tonnes métriques élevées à un mètre de hauteur pour chaque kil. de houille brûlée.
	(N ^o . 2.)	(N ^o . 3.)	(N ^o . 4.)	(N ^o . 5.)	(N ^o . 6.)
et.					
	22	2560	1,77	59,3	215,2
	22	2462	1,70	57,	206,8
	23	2437	1,69	54,	195,9
	22	2340	1,62	54,3	197,0
}	60	6479	1,48	53,7	194,9
	22	2723	1,89	63,1	229,0
	21 $\frac{1}{2}$	2461	1,86	58,3	211,5
	23 $\frac{1}{2}$	2893	2,	62,7	227,5
	23 $\frac{1}{2}$	2856	1,77	55,4	201,0

Les nombres de la 6^e. colonne s'obtiennent multipliant ceux de la 5^e. par le nombre 285.

Le nombre de coups de piston est indiqué par le compteur de la machine qui a cinq cadrans. L'aiguille du cadran n^o. 1 avance d'une division de la limbe pour chaque coup de piston, celle du cadran n^o. 2 avance d'une division à chaque révo-

Huel-Vor.

dont 194 au-dessous du niveau de la galerie d'écoulement. Toutes les eaux venant du fond sont élevées jusqu'à la surface, où elles sont utilisées pour le lavage des minerais. Le puits est vertical jusqu'à 135 fathoms de profondeur au-dessous de la surface, puis il est creusé dans le filon jusqu'à 219 fathoms. La maîtresse tige, placée dans la partie verticale, se lie par une équerre ou varlet à la tige inclinée, portée par des rouleaux placés sur le mur du puits, et qui s'étend jusqu'au fond des travaux. Les pompes, dont les pistons sont attachés aux deux tiges ci-dessus, sont :

1°. Une pompe élévatoire de 14 pouces de diamètre au piston, prenant les eaux du puisard à 219 fathoms, et les élevant dans une bache située au niveau de la galerie d'allongement supérieure, c'est-à-dire à 209 fathoms au-dessous de la surface.

2°. Une pompe élévatoire de 16 pouces de diamètre, prenant les eaux au niveau de 209 fathoms et les élevant à 199 fathoms environ.

3°. A ce dernier niveau, une pompe élévatoire



●

•
•
•

!

b



Le travail moteur transmis pendant les quatre derniers cinquièmes est :

$$A \times \frac{1}{5} L \left\{ 25820 \times 1.5 - 4 \times 2066 \right\}^{\text{kil.} \times \text{m.}}$$

En effectuant les calculs numériques, ces deux expressions deviennent respectivement :

$$\frac{AL}{5} \times 23754^{\text{kil.} \times \text{m.}}$$

$$AL \dots \text{kil.} \times \text{m.}$$

Si, dans cette formule, nous remplaçons θ par $128^{\circ}8$ température constante de la vapeur pendant qu'elle se dilate, et h par $0^{\text{m}},38$ hauteur de mercure, correspondante à la pression d'une demi-atmosphère que conserve la vapeur à la fin de la course du piston, nous trouvons pour la quantité de chaleur contenue dans le kilogramme de vapeur qui a fourni un travail moteur de $44742^{\text{kil. x m.}}$, au moment où la détente a atteint sa limite,

$$q = 650 + 44,14 = 694,14$$

Ceci est la quantité de chaleur à partir de l'eau liquide prise à 0° .

Comme la chaudière est alimentée avec de l'eau qui est déjà à la température de 50° , il en résulte que le foyer ne transmet à l'eau que $644,14$ unités de chaleur, dont 600 sont employées à vaporiser l'eau, et $44,14$ à entretenir la température de la vapeur, pendant son expansion. On remarquera que cette quantité de chaleur n'est pas la douzième partie de la première; ce qui

que les plus grands soins sont apportés à la pose de toutes leurs parties, qu'on ne redoute aucune dépense propre à la rendre plus parfaite, et qu'enfin le système de pompes adopté est le plus propre à diminuer les frottemens de l'eau dans les tuyaux ascensionnels. Sous ce rapport, les pompes élévatoires à piston creux ne peuvent soutenir la comparaison. L'entretien de ces dernières est aussi beaucoup plus dispendieux, et les fuites d'eau y sont plus fréquentes que dans les pompes foulantes du Cornwall.

La nouvelle machine des *consolidated mines*, représentée, avec tous ses détails, dans la planche XI, peut être considérée comme réunissant tous les perfectionnemens aujourd'hui connus; elle ne figure pas sur le relevé du travail utile des machines en juin 1833, parce qu'elle n'avait travaillé pendant cette époque que d'une manière intermittente. Mais il est très probable que, lorsqu'elle travaillera régulièrement, l'effet en sera au moins égal à celui de la machine de Borlase à Huel-Vor.

Quelques machines ont deux cataractes : l'une

pas eu occasion d'étudier des machines semblables à deux cataractes dans le comté de Cornwall ; mais j'en ai vu une placée sur la mine de bouille de Mold-Town dans le Flintshire. Je ne sais pas que cette addition ait offert d'avant-

tableau B se termine par l'état du travail souterrain par des machines à double effet, faisant mouvoir des bocards ; il est, comme on devait s'attendre, très inférieur à celui des machines à vapeur.

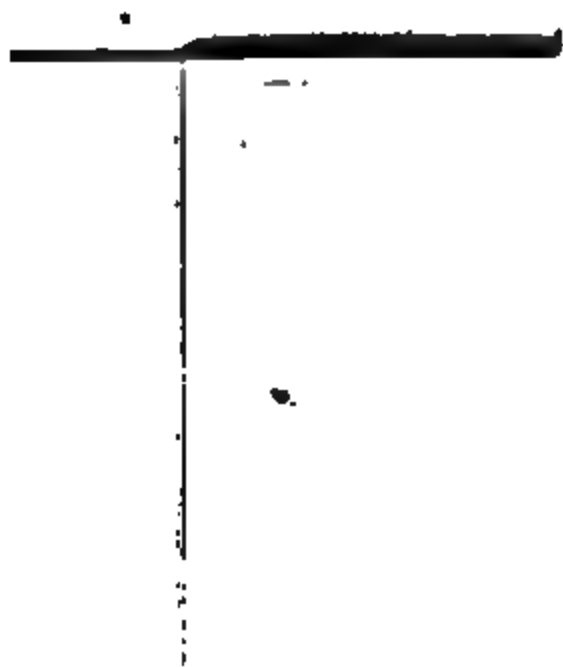
Étendue déjà considérable de ce mémoire, j'ai engagé à ajourner à une autre époque quelques détails sur la préparation mécanique des rails, et sur les exploitations du Stockwerk de la classe et des Streamworks de la vallée de la Taw.



1

2

3



chute d'eau désormais commune au fourneau et aux feux de forges ; 5°. à établir dans un nouveau local C des feux de forges et , conformément au plan de détails , deux fours à réverbère pour l'affinage à la bouille , un laminoir accompagné d'un marteau à cingler la loupe , un four à réchauffer et un martinet composé d'une chaufferie et d'un marteau.

Mines
de Rancié.

Ordonnance du 25 septembre 1833 , relative aux mines de RANCIÉ (1).

Forge
de Douville.

Ordonnance du 1^{er} octobre 1833 , portant que M. DE SALENEUVE au nom qu'il procède , est autorisé à reconstruire et à maintenir en activité l'an-

(1) Voir cette ordonnance . tome IV. page 574

M. Brochant-de-Villiers, .	division de l'est.
M. De Bonnard, . . .	id. du sud-est.
M. Héricart de Thury. .	id. du nord.
M. Migneron,	id. de l'ouest.

Art. 2. M. le conseiller d'état, chargé de l'administration des ponts-et-chaussées et des mines, est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Paris, le 2 juin 1834.

Clermont. Baudin. ing. ord.

Saône-et-Loire.

Étude des terrains composant le bassin houiller d'Autun.

Moulins. Gabé f. f. d'ing. en chef.

Châlons-sur-Saône. Coste. ing. ord., 2 cl.

Châlons-sur-Saône Harlé Aspirant.

Creuse.

*Étude des terrains houillers des environs d'Aun (bassin de la Creuse)
et des environs de Bourgaueuf (bassin du Thorion).*

Guéret. Fergaud. ing. en chef.

Vendée. Deux-Sèvres

*Étude des terrains houillers des environs de Faymoreau et du
Boufferie.*

Angers. Chéron. ing. en chef.

Tarn.

Étude des terrains composant le bassin houiller de Carmaux

Toulouse. D'Anbuisson. ing. en chef.

Villefr (Aveyron) Manes d. n.

Senez. d. n.

Malinvaud
de Hennezel.
Vergnette de Lanotte

de Boureuille
Baudin

Aspirans-Ingénieurs

1^{er}. avril 1817.

Dissande Monlevade.

1^{er}. novembre 1833

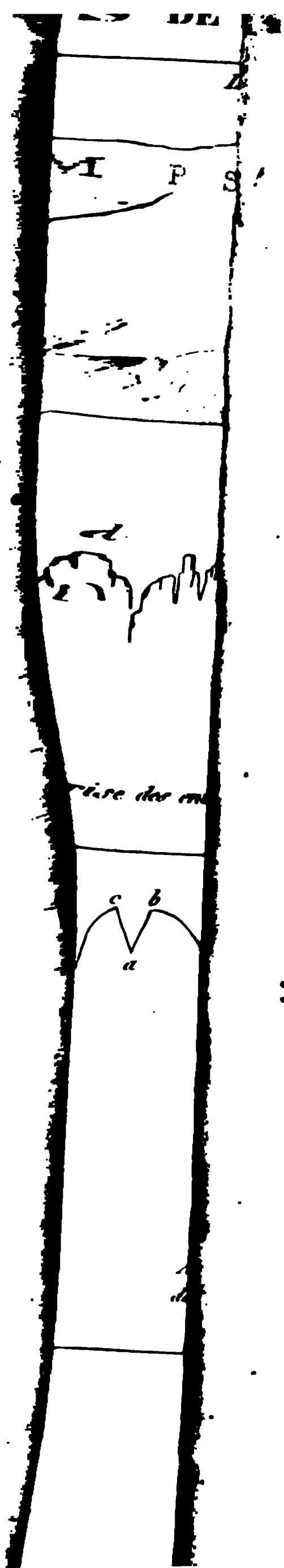
de Senarmont
Gruner
Harle

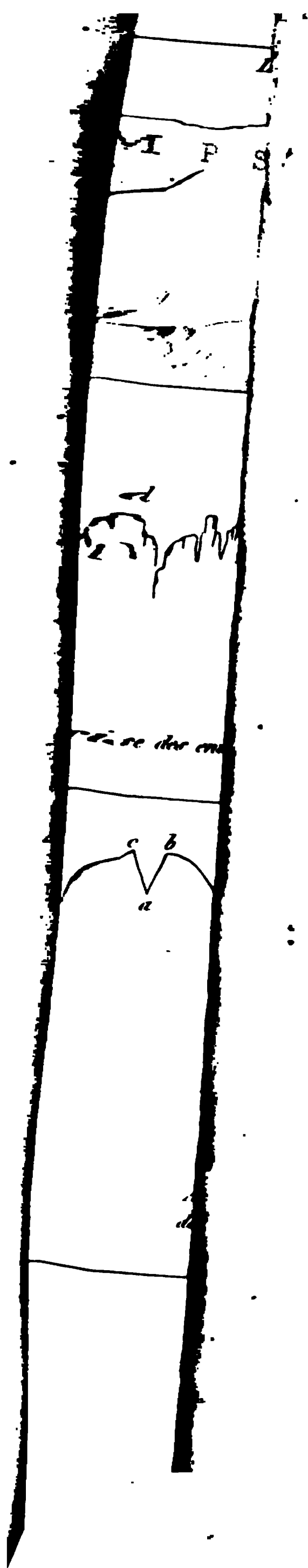
Foy
Senez

1^{er} janvier 1834.

Boulanger.
Martha.
de Montmarin

Leconq
François





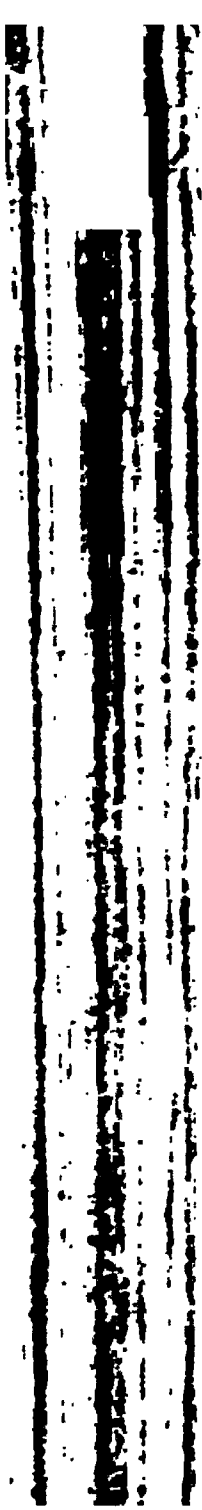


Fig. 8.

face du Granite
les couches
jurassiques au
dessus du horizon
le Pécros



Fig. 7.

Contact du Granite et du
terrain jurassique le long
du vallon qui descend
de la montagne
de Courvin

n. 10

Fig 6.

Contact du Granite et du
terrain jurassique entre les
Baumes et les Goudons.



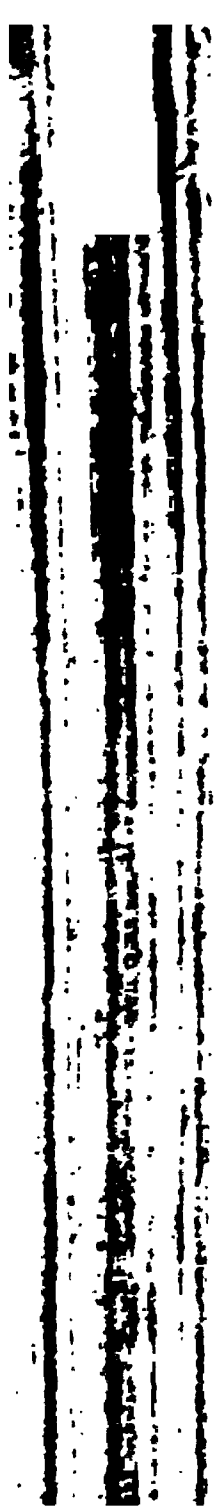
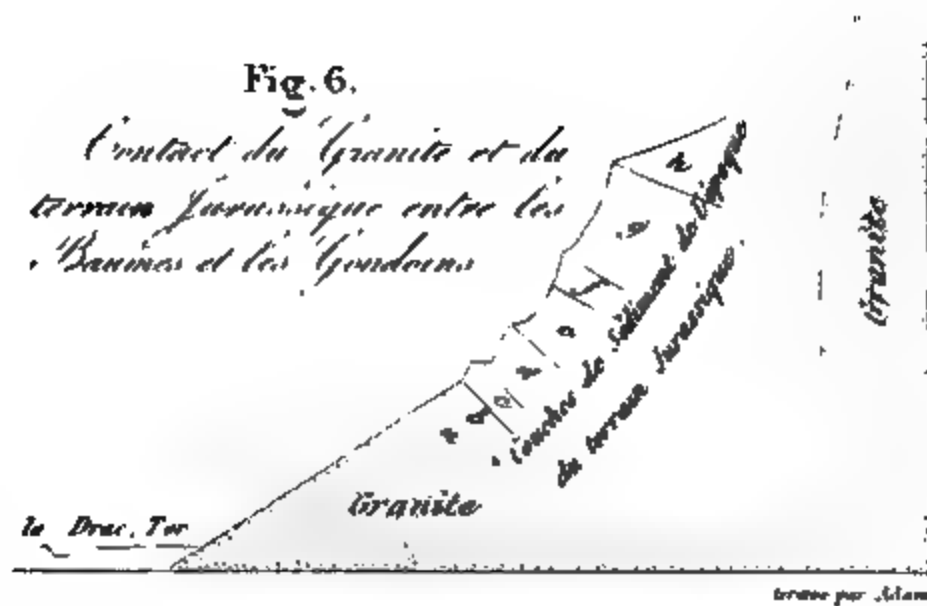


Fig. 6.

*Contact du Granite et du
terreau Jurassique entre les
Baumes et les Gondrens*



S-DORES.

32

SUD



11.

32

SUD



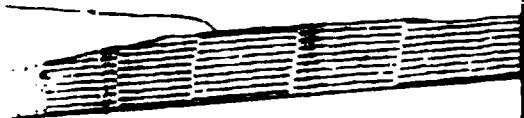
12. *erque.*

OUEST



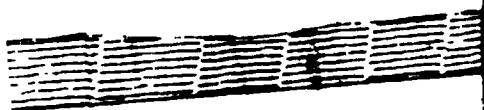
13.

OUEST



et Thaulière.

OUEST



S-DORES.

32

SUD



32

SUD



ryue.

QUEST



QUEST



et de l'huile.

QUEST



1.

2.

3.

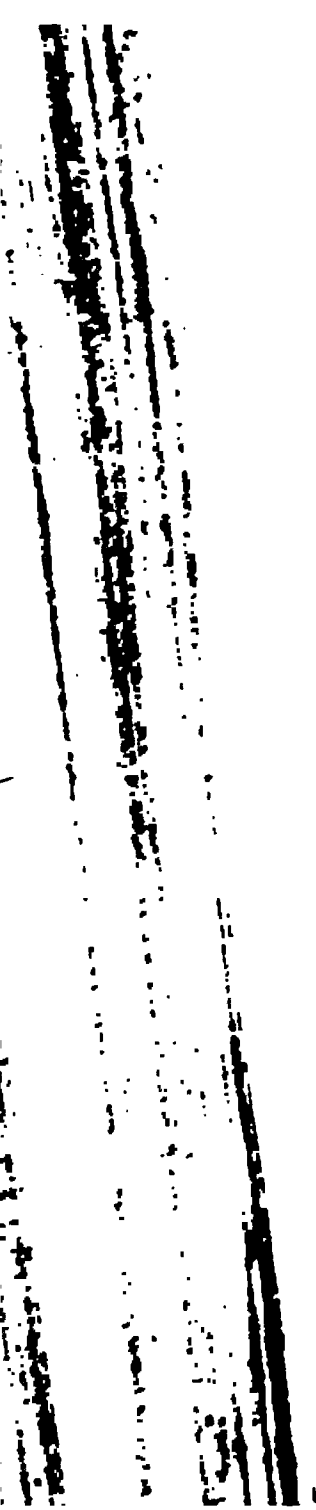
4.

5.



Pl. V.

Oréal par Adam



S DE

L

M F S

d

rise der en

c b
a

de

S DE

z

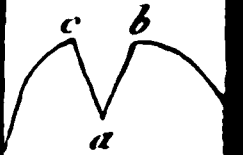
M P S

d



rise des en

c b
a



d

S DE

Z

M

P

S

d

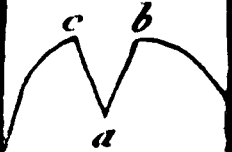


rise des en

c

b

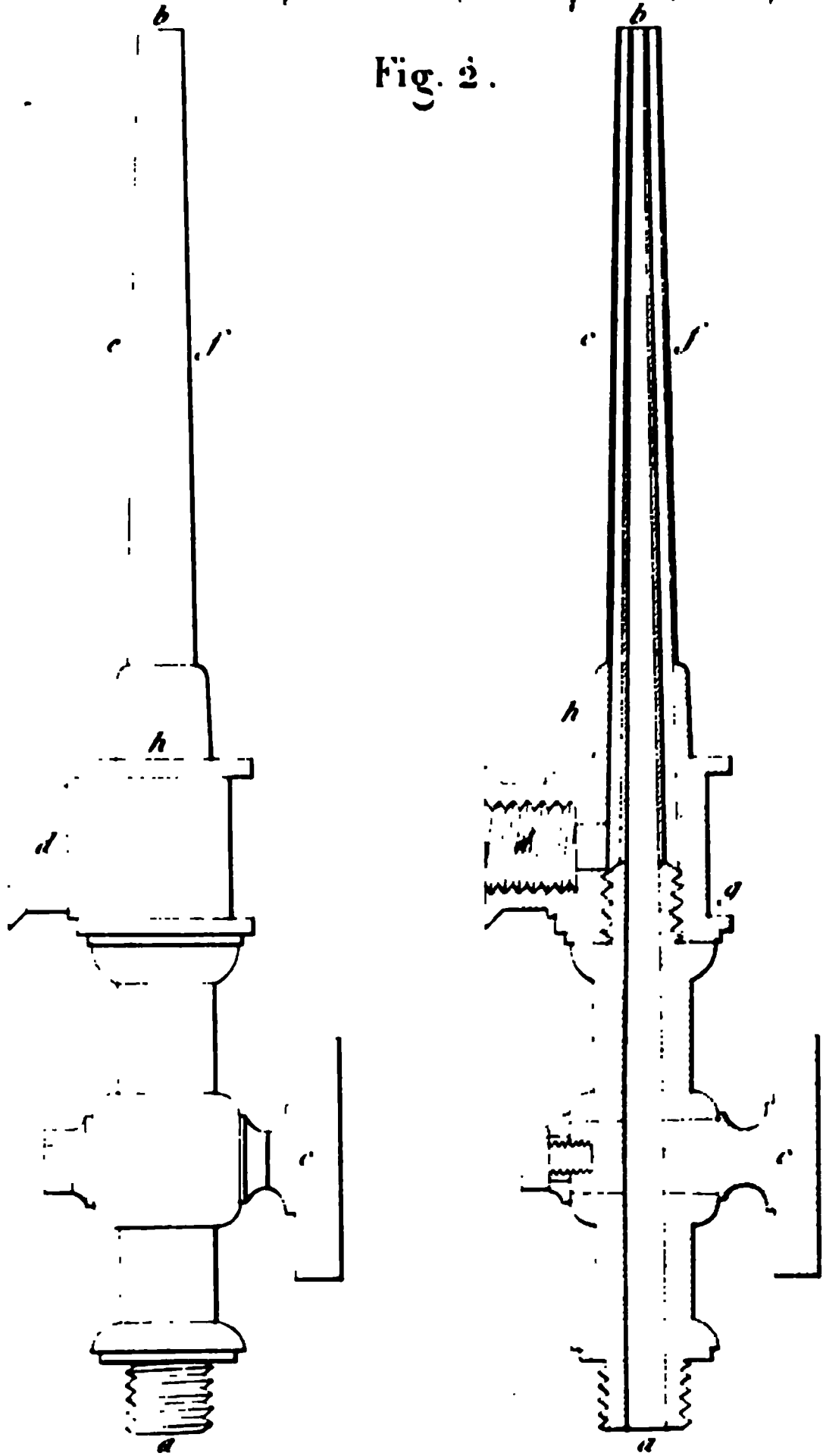
a



d

Châleumeau à gaz oxigène et hydrogène.

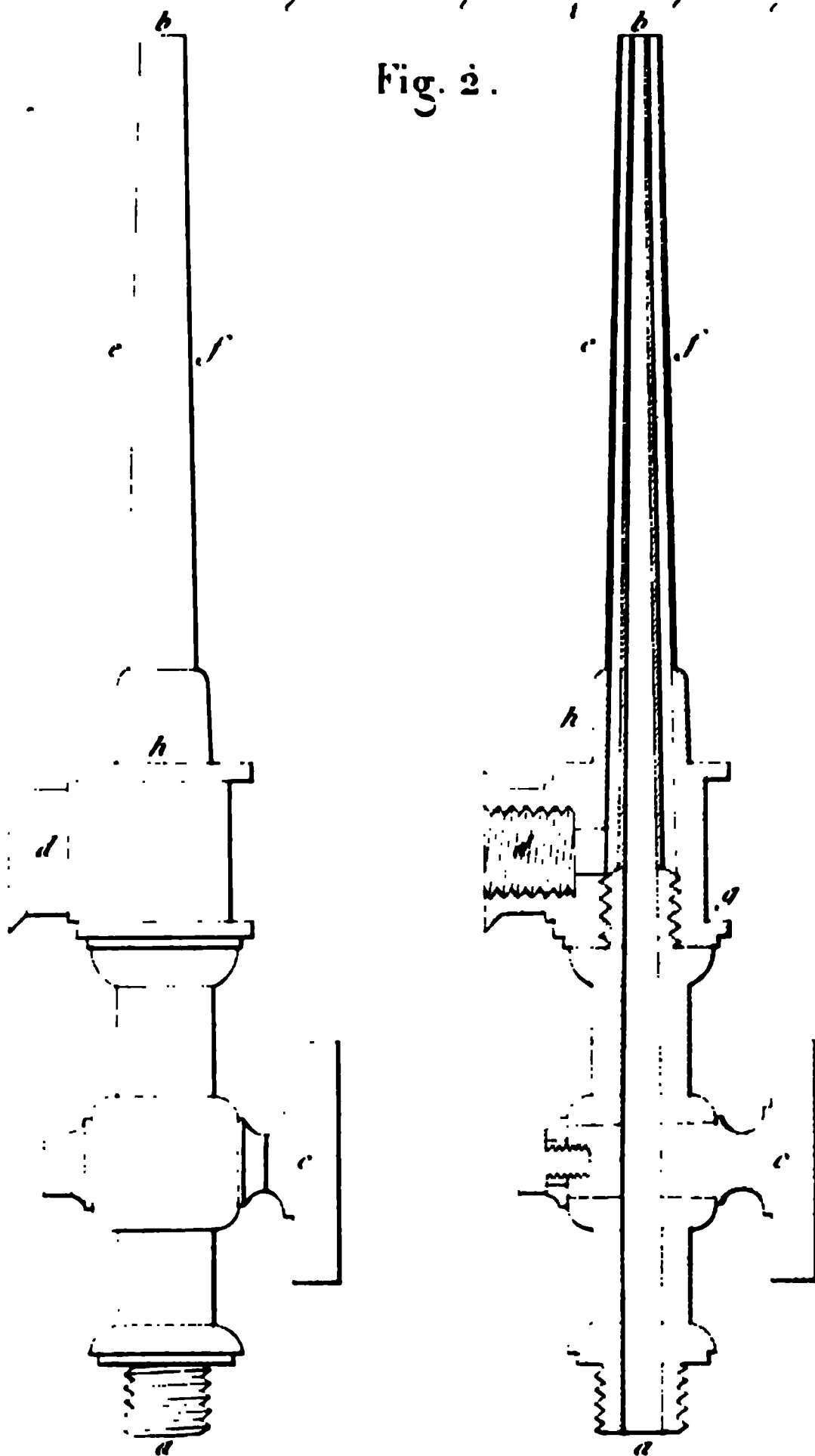
Fig. 2.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 centimètres

Châtaignier à gaz, origine et hydrogène.

Fig. 2.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1

over the bottom



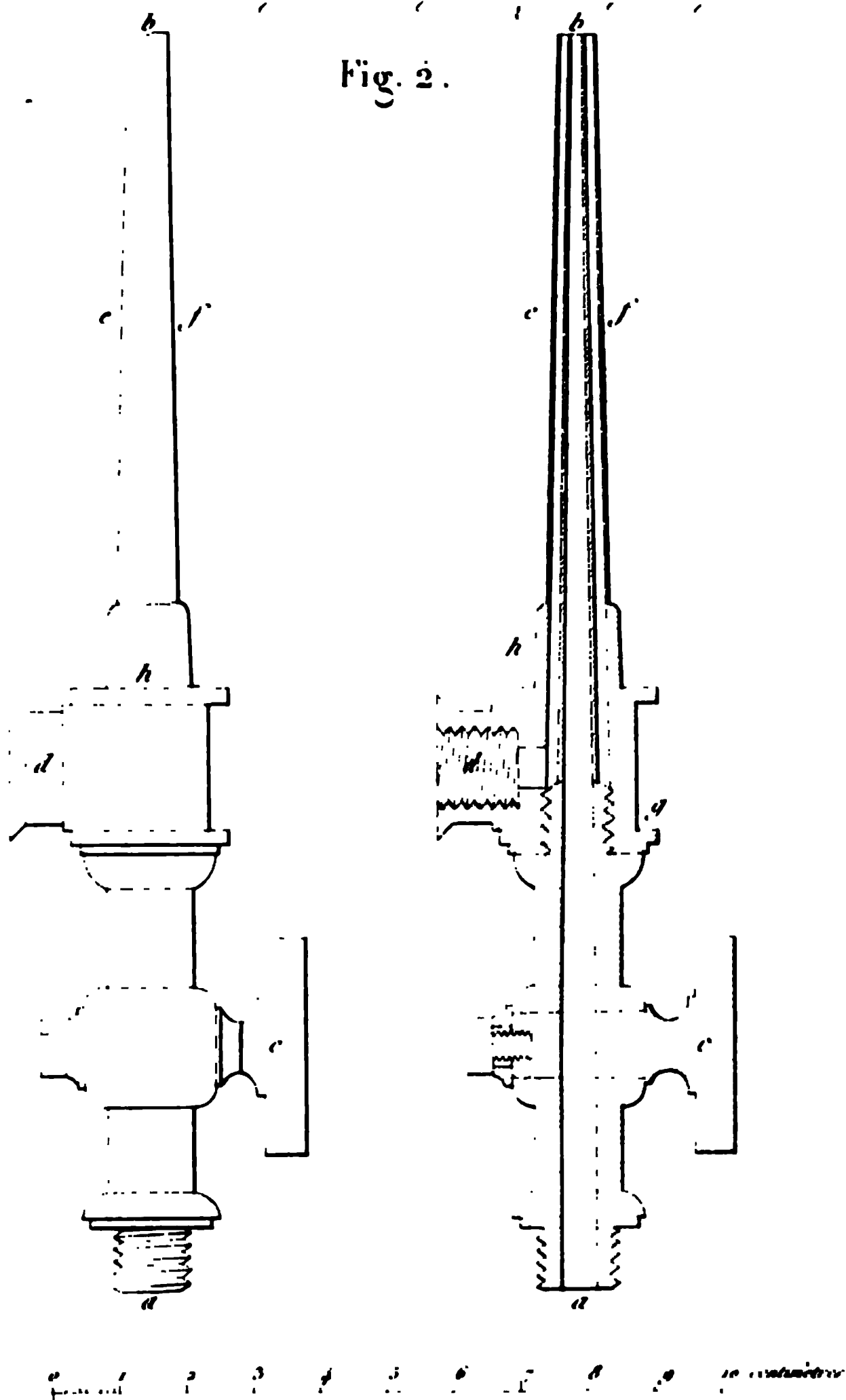
Crabe verticale suivant a b (Fig. 1), a' b' (Fig. 2), a'' b'' (Fig. 3)

Fig. 3.

a b

Châleumeau à gaz, oxygène et hydrogène.

Fig. 2.



Coupe verticale suivant a b (Fig. 1), a' b' (Fig. 2), a'' b'' (Fig. 3)

Fig. 5

Coupe verticale suivant c d, c' d', c'' d''

et

Figure
Figure
Figure

A

voir par l'axe

Fig. 3.

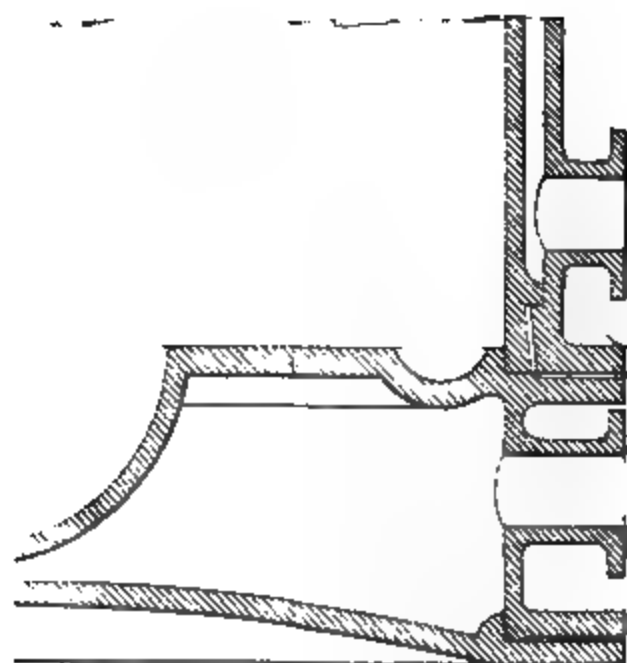


Fig. 3.





